

МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ

ВОПРОСЫ И ПРИМЕРЫ РАССМОТРЕНИЯ ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ ЗНАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

Ю.А. Сауров , д.п.н., член-корреспондент РАО, профессор кафедры физики и методики обучения физике Вятского государственного университета; г. Киров; saurov-ya@yandex.ru	Y.A. Saurov , DrSci (Pedagogy), corresponding member of RAO, professor of physics and physics teaching of the Vyatka State University; Kirov; saurov-ya@yandex.ru
Ключевые слова: методология, научный метод познания, границы применимости, приемы учебной деятельности	Keywords: methodology, scientific method of cognition, border applicability, methods of training activities
В статье рассмотрены конкретные методические приемы использования границ применимости знаний при изучении электродинамики	The article deals with the General and specific instructional techniques you use borders the applicability of knowledge when studying the molecular physics

*Не изобретай сущностей сверх меры.
Бритва Оккама*

*Границы моего языка означают границы моего мира.
Людвиг Витгенштейн [1]*

Введение. Повторим, для обучения важно понять и признать, что во всех процессах получения и использования знаний существенную роль играет определение и обозначение границ возможностей (применимости) фактов, принципов, понятий, значений физических величин, законов, частных (да и вообще всех) теорий. Без этого нет точной науки. А наши школьники, да и студенты пока это плохо понимают. Как, например, иначе можно объяснить пренебрежительное отношение к определению погрешностей измерений даже самыми простыми средствами? И проблема не только техническая, но и мировоззренческая [2, 9].

Электродинамика — самая большая часть (теория) школьного курса физики. В ней широко представлены все виды знаний — принципы или идеи, модели объектов и

явлений, физические величины как количественные понятия о свойствах, законы, частные теории круга явлений, например, геометрическая оптика. Хотя идейно все знания электродинамики обладают единством, для школьного курса физики выделяют относительно самостоятельные темы — электростатика, постоянный электрический ток, магнитостатика, электромагнитная индукция, переменный электрический ток, электромагнитные волны, геометрическая оптика, волновая оптика, специальная теория относительности. Для нас важно подчеркнуть, что такое деление тем определяет границы применимости тех или иных представлений, определяет различия объектов, явлений, средств их описания.

Для системного решения проблемы границ применимости знаний в электродина-

намике надо а) начинать эту работу при рассмотрении механики и молекулярной физики, накапливая опыт (см. подробнее: [8, 10–11]), б) подготовить и накопить конкретные приемы по определению границ применимости по всем темам электродинамики. Ниже в качестве ориентировки даны конкретные примеры методических решений. Для нас нет сомнения в том, что рассмотрение границ применимости знаний — это столбовая дорога формирования метакомпетенций (умений, мышления) школьников при обучении физике.

Примеры методических решений

1. Границы применимости закона сохранения заряда: в замкнутой системе величина электрического заряда сохраняется вне зависимости от взаимодействий. Лучший вариант их изучения — постановка известного эксперимента. Оборудование: две пластинки на изолирующих ручках, электрометр с кондуктором, дополнительно — сильное внешнее электростатическое поле от заряженной пластинки оргстекла. Вопросы для обсуждения: как доказать, что пластинки не заряжены? Каков их общий заряд? Можно ли две пластинки считать замкнутой электростатической системой? Почему? Как экспериментально доказать, что при трении пластинок друг о друга они заряжаются? Предскажите, каков их общий заряд согласно закону сохранения заряда. Как эту гипотезу экспериментально проверить? Предложите варианты нарушения «замкнутости» системы. (Один из вариантов: сильное внешнее электростатическое поле, которое может приводить к электризации кондуктора пробоем.)

2. Типичны затруднения школьников и студентов при ответах на качественные вопросы о статусе знаний. Здесь и возникает необходимость выяснения границ знаний. Приведем примеры.

Есть ли границы применимости для закона Кулона? (Да, применим только для «точечных» неподвижных зарядов. Важно

подчеркнуть, что в реальности «точечных» зарядов нет, т.е. закон применим для таких заряженных тел, которые в данной ситуации можно моделировать точечным зарядом.) Почему пробный заряд должен быть сравнительно малым? (Чтобы не исказить поле, для экспериментального изучения которого он используется.)

Есть ли границы применимости законов сохранения энергии (импульса, заряда)? (У всех законов есть границы применимости. Законы сохранения применимы без ограничений только для замкнутых систем. Есть и другие ограничения.) Наблюдается ли в природе преломление светового луча? (Световой луч — модель, отсюда такого явления нет и быть не может.) Является ли электромагнитная волна моделью объекта? (Нет, это физический объект или явление. Так признано. Иначе необходим ответ на вопрос: волна — модель какого объекта? А вот гармоническая волна — модель волны.) Почему закон освещенности формулируется для точечного источника света? И выполняется ли этот закон для случая лазерной указки?

Есть ли границы применимости принципа дальнего действия (близкодействия)? (Принцип дальнего действия не применим для объяснения взаимодействия зарядов.) Проявляется ли между знаниями электродинамики принцип соответствия? (Да, закон электромагнитной индукции является следствием законов Максвелла.) Выполняется ли принцип соответствия между механикой и электродинамикой? (Нет, потому что объекты и явления принципиально разные. Значит, и у него есть границы применимости. Да, с точки зрения использования математического языка описания явлений.)

Каковы границы применимости закона Ома $I = U/R$? (Закон требует уточнения и изменения для а) полной замкнутой электрической цепи постоянного тока, участка цепи с ЭДС, б) цепей переменного электрического тока. На практике существуют ограничения в применении закона для участ-

ка цепи с полупроводником, для участка цепи с изменяющимся сопротивлением, в том числе зависящим от силы тока.) Каковы границы применимости выражения $R = U/I$? Это формула закона или формула расчета физической величины? (Это может быть формула экспериментального закона, формулируемого в итоге ряда экспериментов, показывающего постоянство, инвариантность сопротивления участка цепи при разных силе тока и напряжении. Это может быть формула для расчета сопротивления участка цепи по данным измерений.)

3. При каких условиях несправедливо утверждение, что заряженное тело не взаимодействует с незаряженным телом?

Лучше всего организовать небольшое экспериментальное исследование.

Действие 1. Предварительно учитель показывает взаимодействие двух незаряженных гильз — они не взаимодействуют. Опыт и его сюжетный образ в рисунке фактически задают эмпирическую модель взаимодействия незаряженных тел. Возникает проблема: всегда ли это справедливо?

Действие 2. Демонстрируется опыт: на большом расстоянии две (заранее заряженные) гильзы фактически не взаимодействуют, но при их сближении наблюдается отталкивание. Проблема: заряжены гильзы или нет? Для понимания явления и ответа требуется построить модель взаимодействия гильз, в которой учтены внешние условия (действие Земли, нити) в первом и втором состоянии. На рисунке-модели изображаются силы в масштабе. Обобщение-вывод: если нет внешних помех, заряженные тела всегда взаимодействуют — притягиваются или отталкиваются; закон Кулона описывает это явление, но, как и любой закон, только для идеальной модели заряженного тела — точечного заряда. И это существенное знание.

Действие 3. Будут ли взаимодействовать гильзы, если только одну из них зарядить? Так формулируется следующая гипотеза. По теории, гильзы взаимодействовать

не должны. Ученик проводит эксперимент по проверке гипотезы. В результате наблюдается факт вопреки прогнозу: гильзы притягиваются при достаточном сближении. Таким образом, фиксируется парадоксально новое (при использовании известных знаний) физическое явление — взаимодействие заряженной и незаряженной гильз. В рамках модели точечных зарядов этот факт не объясним. Для понимания нового факта необходимо построить новую модель явления.

Действие 4. Прежде всего, отказываемся от точечной модели гильз. Для заряженной металлической гильзы выбираем-строим модель: протяженное проводящее тело, в котором свободные заряды могут двигаться. Отсюда при приближении заряженной гильзы к незаряженной электрическое поле первой гильзы будет действовать на свободные заряды второй гильзы. Произойдет движение свободных зарядов — ближе к первой гильзе окажутся отрицательные заряды. Они будут притягиваться сильнее, чем отталкиваться положительные заряды. И фиксируется притяжение гильз. Описывается ли это взаимодействие законом Кулона? — это вопрос. И ответ непростой: и да, и нет.

В результате организованной таким образом мыслительной деятельности с фактами-объектами и моделями мы приходим к выяснению границ применимости знаний, в данном случае закона Кулона.

4. Будет ли электростатическое поле плоского конденсатора однородным, если внутрь его поместить металлический шарик?

Краткое решение. Любая металлическая поверхность является эквипотенциальной, силовые линии всегда перпендикулярны ей. Силовые линии электрического поля плоского конденсатора расположены перпендикулярно его пластинам. Помещение проводящего шарика приводит к явлению электростатической индукции, что меняет поле конденсатора: линии поля перпенди-

кулярно входят в шарик и выходят из него (рис. 1). Электрическое поле конденсатора становится неоднородным. Могут ли диэлектрики нарушать «однородность» поля конденсатора?

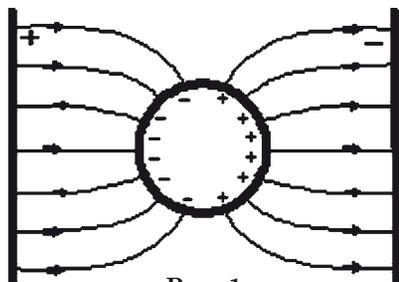


Рис. 1

В подобных примерах важно зафиксировать, что известные знания (электрическое поле плоского конденсатора однородно) в конкретных условиях нарушаются.

5. Докажите, что изображенное силовыми линиями на схеме (рис. 2) электростатическое поле существовать не может.

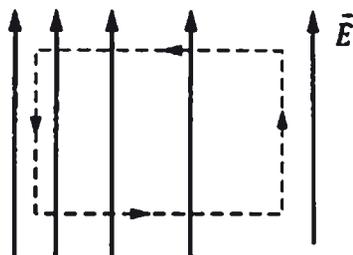


Рис. 2

Краткое решение. Задача на восстановление представления об объекте (поле) через некие известные знания о нем. Причем заметим, что это не всегда возможно, тем более — однозначно, хотя такое логическое действие в познании весьма важно.

Электростатическое поле, по определению, потенциальное, значит, работа поля при движении заряда по замкнутой траектории равна нулю. В нашем случае работа по выделенной траектории, очевидно, не равна нулю: слева силовые линии чаще, значит, напряженность больше, работа силы больше. Вывод: такое (так заданное) электростатическое поле невозможно. А в

принципе, может ли быть такое поле в природе? Хотя вопрос довольно абстрактный, но общий ответ такой: может быть в какой-то момент в какой-то области пространства. Но это уже не статический случай.

6. Будет ли движение тела свободным падением, если ему сообщить заряд $8 \cdot 10^{-8}$ Кл? Масса тела равна 5 г, напряженность электростатического поля у поверхности Земли — 130 В/м.

Краткое решение. Механическое движение заряженного тела происходит под действием двух причин — действия Земли и действия электрического поля. Модель заряженного тела — заряженная материальная точка или точечный заряд, поля — однородное электростатическое (в небольшой области около поверхности большого шара это возможно). Сейчас надо описать явление. В первом случае материальная точка движется под действием только силы тяжести $m\vec{g}$ с ускорением \vec{g} . Во втором случае к заряженной материальной точке приложены две силы и заряд движется с ускорением

$$a_y = \frac{mg \pm F_{\text{к}}}{m} = g \pm \frac{F_{\text{к}}}{m}.$$

Соответственно ускорение изменится на величину ускорения, вызванного электрическим полем Земли, которое равно:

$$a_0 = \frac{qE}{m} = \frac{130 \cdot 8 \cdot 10^{-8}}{5 \cdot 10^{-3}} = 2,1 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}.$$

Вернемся к вопросу: величина дополнительного ускорения весьма мала, значит, наличие данного заряда у тела «не нарушает» законов его свободного падения.

7. Каковы границы применимости электростатики? Каковы границы применимости понятия о постоянном электрическом поле?

В определении явлений электростатики используется сильное модельное утверждение (без выяснения физической природы) о неподвижности зарядов. Очевидно, что это накладывает жесткие границы применимости для использования знаний: неподвиж-

ных зарядов не существует, нет и постоянных электрической полей. А.Н. Матвеев хорошо и глубоко пишет: «*существенным для электростатики является не неподвижность зарядов, а постоянство во времени электрического поля. Другими словами, в модели постоянных полей идеализацией является не постоянство поля, а неподвижность порождающих его зарядов*». И далее: «*границы определяются требованиями малости вклада от отдельных элементарных зарядов в наблюдаемое поле. Отсюда, например, следует, что электродинамика не применима к движению отдельных электронов в атоме*» [5, с. 80]. Итоговое поле не должно сильно зависеть от изменения положения и движения одного заряда.

8. Фиксируются ли границы применимости у такого фундаментального принципа как принцип суперпозиции полей? (Экспериментально даже для полей громадных напряженностей — в мире атомов порядка 10^{10} – 10^{20} В/м — принцип выполняется. Но в микромире проявляются квантовые эффекты...)

9. Предскажите, как и почему изменяются показания приборов при замыкании ключа (рис. 3)?

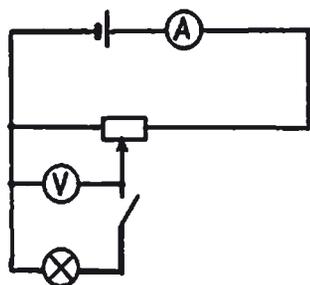


Рис. 3

Краткое решение. Наш объект — полная замкнутая электрическая цепь, для нее выполняется закон сохранения энергии и следствие из него — закон Ома для полной цепи. При замыкании цепи ее внешнее сопротивление уменьшится, а следовательно, сила тока увеличится. Из выражения $U = \varepsilon - Ir$, где r — внутреннее сопротивление

источника тока, следует, что напряжение уменьшится. Для проверки теории ставим опыт.

Даже при решении стандартной задачи всегда возникает вопрос о границах применимости понятия, закона, прибора... В нашем случае заметим, что замкнутость системы — всегда модель. Например, если батарея быстро разряжается, то наблюдается более сложное явление.

10. Каковы будут показания амперметра и вольтметра (рис. 4), если источники тока одинаковы? Вольтметр и амперметр считать идеальными [6, с. 126].

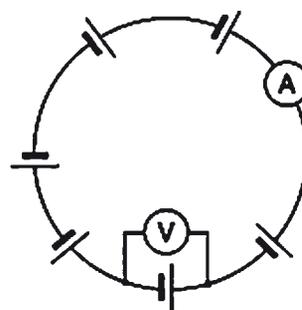


Рис. 4

Краткое решение. Все источники тока соединены последовательно, следовательно, амперметр покажет ток короткого замыкания:

$$I = \frac{n\varepsilon}{nr},$$

где n — число источников. Показания вольтметра будут равны

$$U = \varepsilon - Ir = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{r}r = 0.$$

Вольтметр покажет ноль вольт, так как все падение напряжения приходится на внутреннее сопротивление источника тока. Почему для решения такой задачи важным условием является «идеальность» приборов? И что это значит? («Идеальным» называют амперметр с «нулевым» внутренним сопротивлением, а вольтметр — с «бесконечным» внутренним сопротивлением. В последнем случае это равносильно разрыву цепи вольтметра, а тогда он ничего не покажет. На

практике «идеальность» — относительная характеристика прибора при сравнении с параметрами цепи.)

11. Предложен «черный ящик» с четырьмя выводами. При подключении любых двух выводов в качестве элемента электрической цепи постоянного и переменного тока соответствующий амперметр и вольтметр дали нулевые показания. Определите строение «черного ящика».

Решение. Явление прямо задано — электрический ток, и это рассматривается как факт. При такой неопределенной постановке задачи решение начинается с гипотетических предположений.

Вариант 1. Предположим, что кроме источника тока, названных приборов неопределенных параметров иного оборудования нет. В каком случае ток на участке между клеммами не будет идти? Самый простой ответ — разрыв цепи. Для случая постоянного тока — наличие конденсатора, двух диодов, включенных противоположно; для переменного тока — ключа и двух диодов, включенных противоположно.

Нет, такой вариант не подходит, так как вольтметр будет показывать напряжение на источнике тока (ЭДС).

Вариант 2. Возможно, просто нет участка цепи, т.е. клеммы не соединены через какие-то элементы электрической цепи.

Нет, такая гипотеза не подходит. Вновь вольтметр покажет ЭДС при условии, что источник тока внешний.

Вариант 3. А может ли вольтметр быть подключен последовательно? Тогда, действительно, при прочих равных условиях он ничего не покажет. И формально требования задачи выполняются.

Вариант 4. Могут ли приборы ничего не показывать из-за их собственных параметров? Может быть такой вариант: сила тока малая, амперметр слишком грубый; сопротивление участка слишком малое, напряжение на нем малое, при грубом вольтметре показаний нет. Для проверки этой гипотезы надо изучать предложенные приборы.

Методическая мораль. Возможны и иные варианты гипотез по выяснению структуры «черного ящика», главное, необходимо ясное понимание, что мы выдвигаем гипотезы, затем ищем экспериментальные и теоретические аргументы для их проверки. Фактически мы все время ищем границы наших предположений (моделей).

12. Экспериментально и теоретически изучите, в каких случаях не выполняется закон Ома для участка электрической цепи.

Краткое решение. Варианты: а) резистор изменяет свое сопротивление при прохождении тока, б) участок цепи представляет собой полупроводник (при увеличении напряжения сначала тока нет, а потом наступает пробой), в) аналогично, участок цепи представляет неоновую лампочку, г) участок цепи с конденсатором (для случая постоянного тока)...

13. Исследовать, влияет ли внешнее магнитное поле на работу электроизмерительных приборов. Можно ли с помощью постоянного магнита увеличить цену деления демонстрационного вольтметра?

Методическая мораль. Легко демонстрируется влияние внешнего магнитного поля на показания электроизмерительного прибора. С помощью постоянного магнита можно увеличить цену деления демонстрационного вольтметра магнитоэлектрической системы. Можно ли в подобных случаях говорить о границах применимости приборов? А значит, и об их методах измерения? Вопрос: можно ли подключить вольтметр для измерения напряжения последовательно с участком цепи? (Так, например, мы измеряем ЭДС источника тока... Значит, правило подключения вольтметра не всегда справедливо.)

14. Экспериментальное исследование. Как с помощью набора неоновых лампочек оценить величину ЭДС самоиндукции в катушке при размыкании цепи? Дано следующее оборудование: катушка на 220 В от универсального трансформатора на сердеч-

нике, источник постоянного тока от ВС 24 М, несколько одинаковых по напряжению зажигания или разных неоновых лампочек, две лампочки на 3,5 В на подставке, ключ, провода.

Решение. Изучаемое явление фактически прямо названо — самоиндукция. Надо выяснить из теории, при каких условиях она возникает. При резком изменении силы тока в цепи в момент выключения ключа согласно закону

$$\varepsilon = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

происходит возникновение при большом значении индуктивности большого значения ЭДС. Как ее зафиксировать? Подсказка есть в перечне оборудования — использование неоновой лампочки. Какое у нее основное свойство? (Она зажигается при определенном напряжении.)

Идея решения: параллельно участку цепи включаем а) сначала одну неоновую лампочку, б) затем две последовательно соединенные одинаковые (если они такие) и т.п. На участке цепи из двух неоновых лампочек напряжение будет в два раза больше. Возможны и иные соединения неоновых лампочек. Если лампочки рассчитаны на разное напряжение, то их следует подключать отдельно (рис. 5).

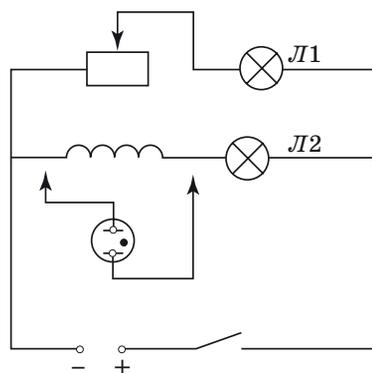


Рис. 5

Действия: определяем напряжение зажигания неоновых лампочек (справочник, отдельный опыт), проводим несколько опытов при прочих равных условиях (одинаково

резкое размыкание цепи и др.) с разными неоновыми лампочками, оцениваем ЭДС самоиндукции, сравниваем ее с входным напряжением.

Методическая мораль. Большой набор неоновых лампочек, например с разным напряжением зажигания, позволяет точнее зафиксировать ЭДС. Другой вариант более точного измерения: последовательное построение цепочки неоновых лампочек с небольшим напряжением зажигания. На найденном принципе можно сконструировать специальный вольтметр для измерения больших напряжений.

Границы возможностей для решения задачи: а) должны быть одинаковые условия проведения эксперимента, в том числе одинаковое и сравнительно малое напряжение источника тока, б) можно ли обойтись без неоновых лампочек, а иметь набор лампочек Л2, в) ограничения, которые в проведение опыта вносит реостат, и каковы его функции.

15. Непрерывная и незатухающая гармоническая волна, несомненно, модель, например, электромагнитного излучения. Оцените ее границы применимости для случая вибратора Герца, излучения радиолокатора.

16. Теоретически и экспериментально выясните, с какими ограничениями связан такой экспериментальный факт: в любой линзе параллельные световые потоки не сходятся в одной точке.

17. Оцените среднюю температуру Земли. (Эта задача относится к задачам Капицы, решение которых как раз нацелено на явное и осознанное использование моделей и понимание их границ.)

Решение. Наиболее известной моделью излучения энергии телом является модель «абсолютно черного тела»: сколько энергии поглощается, столько энергии и излучается во всех диапазонах длин волн.

Сначала определим, сколько энергии поглощается. Поглощается энергия, идущая от Солнца. Известна характеристика (сол-

нечная постоянная), которая определяет, сколько энергии падает в секунду на единицу площади Земли перпендикулярно ее поверхности. Она равна

$$q = 1,36 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Сейчас определим, сколько энергии излучается. Известно, что по закону Стефана-Больцмана, в единицу времени единица поверхности абсолютно черного тела излучает $Q = \sigma T^4$.

В итоге получаем из условия сохранения энергии $qS = \sigma T^4 S$. Расчет дает оценку порядка 300 К.

При решении любой такой задачи необходимо, хотя бы качественно, определять границы применимости нашей модели. Иначе решение принимает абсолютный характер. А это принципиально, не так. В нашей задаче «реальная» Земля точно не описывается моделью «абсолютно черного тела»: некоторые длины волн при излучении не проходят атмосферы и др.

Методическая мораль. Когда возможно видение (понимание) физической реальности? Да тогда, когда мы можем использовать для ее описания несколько моделей, в итоге суммируя представления об изучаемом объекте. Не случайно только в этом случае повесно звучит вопрос о границах применимости. Так это в физике, так это должно быть в обучении. В учебном эксперименте проблема многообразного видения явлений, условий и т.п. формулируется естественнее, хотя в школе сейчас это делается редко. Но и при решении задач пока такой практики тоже мало.

При таком отношении к задаче возникает понимание, что нет раз навсегда поставленной и решенной задачи, в том числе задачи описания объекта. В зависимости от цели точка видения и средства описания явления могут быть разными. Так формируется творческое отношение к решению задач.

Заключение. Мы убеждены, что последовательное и постоянное рассмотрение границ применимости знаний — это

революционный этап в развитии методики обучения физике. Такое видение научных знаний увеличивает их духовную ценность, расширяет потенциал творчества в физическом познании мира [3–4], формирует такое фундаментальное качество современного человека, как рефлексия на свою деятельность и ее результаты.

Отсюда необходимо переосмыслить под научный метод познания (программа В.Г. Разумовского) содержание физического образования, расширить приемы учебной деятельности, обогатить подбор и составление учебных задач и процедур деятельности по их решению. А значит, выдвигать гипотезы под цели деятельности, т.е. определять границы видения проблемы, организовывать экспериментирование над объектами как форму выделения или построения реальности, конструировать модели с их границами применимости, при проектировании получать варианты следствий и оценивать их значение, т.е. вновь определять границы возможного [7]. И тогда познавательное богатство такого ведущего учебного предмета как «Физика» в поисках и изучении границ применимости будет вне конкуренции.

Литература

1. *Витгенштейн Л.* Логико-философский трактат. — М.: «Каоон⁺» РООИ «Реабилитация», 2014. — С. 174.
2. *Коханов К.А., Сауров Ю.А.* Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: монография. — Киров: Изд-во ИРО Кировской области, 2013. — 232 с.
3. *Майер В.В., Сауров Ю.А.* Экспериментирование как методическая деятельность в обучении физике // Физическое образование в вузах. — 2018. — Т. 24. — № 2. — С. 5–18.
4. *Майер В.В., Сауров Ю.А.* Экспериментирующее мышление в методике обучения физике // Физика в школе. — 2018. — № 7. — С. 3–11.
5. *Матвеев А.Н.* Электричество и магнетизм. — М.: Высшая школа, 1983. — 463 с.
6. *Орлов В.А., Сауров Ю.А.* Практика реше-

ния физических задач: 10–11 классы: учебное пособие. — М.: Вентана-Граф, 2015. — 272 с.

7. *Разумовский В.Г.* Проблемы теории и практики школьного физического образования: избранные научные статьи. — М.: ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», 2016. — 196 с.

8. *Сауров Ю.А.* Модели и моделирование в методике обучения физике: логико-методологические поиски: монография. — Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. — 216 с.

9. *Сауров Ю.А., Синенко В.Я.* Типичные методологические ошибки при обучении физике // Сибирский учитель. — 2017. — № 3. — С. 32–39.

10. *Сауров Ю.А.* О границах применимости принципов, понятий и законов при изучении механики // Физика в школе. — 2018. — № 3. — С. 14–19.

11. *Сауров Ю.А., Коханов К.А.* Рассмотрение границ применимости знаний при изучении молекулярной физики // Физика в школе. — 2018. — № 5. — С. 3–14.

Информация

Астрономы распространили информацию о рождении «новой Солнечной системы»

Международная исследовательская группа при помощи данных, полученных обсерваторией WM Keck и телескопом Subaru, обнаружила «юную Солнечную систему».

Отчет об исследовании приведен на официальном сайте обсерватории Кека (<http://www.keckobservatory.org/lkca15/>), которая использовала для анализа результаты работы сразу двух телескопов на Гавайях. Ученые проанализировали данные, добытые в течение последних восьми лет.

Им удалось получить четкое изображение далекой планетной системы LkCa 15.

В ней имеется звезда, подобная Солнцу. Вокруг нее обращаются, по меньшей мере, три планеты. Однако их количество наверняка возрастет. Новые данные Subaru и Keck Observatory показали, что большая часть излучения, зафиксированного наземными телескопами, исходит из газопылевого диска.

Это означает, что звезда в системе LkCa 15 окружена массивным протопланетным диском, состоящим из газа и пыли. Эти компоненты являются строительным материалом, из которого могут формироваться планеты.

Более ранний анализ этого же диска показал, что в нем имеется большая полость — это явный признак того, что большая часть материала уже была направлена на формирование «планетарных зародышей».

Планеты в этой системе на самом деле могут быть намного больше похожи на нашу собственную Солнечную систему, чем считалось ранее. Они, возможно, еще встроены в диск. Это могут быть такие же планеты, как Юпитер и Сатурн. «Мы будем продолжать их поиск», — говорит соавтор исследования Тэйн Керри.

Источник: <https://rg.ru/2019/05/16/novaya-sistema.html>