



СОДЕРЖАНИЕ

Основная школа

- Т. В. Никитина МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СОБЫТИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ...3

Старшая школа

- Ш. Г. Зиятдинов ИДЕАЛЬНЫЕ И РЕАЛЬНЫЕ АМПЕРМЕТРЫ И ВОЛЬТМЕТРЫ В ЗАДАЧАХ И ОПЫТАХ 16
- С. В. Барышников ЭЛЕКТРОМЕТР НА ОСНОВЕ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ГАЛЬВАНОМЕТРА.....26

Высшая школа

- С. Э. Потоскуев УЧЕБНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАДЕНИЯ СПУТНИКА В ПОЛЕ ТЯЖЕСТИ ЗЕМЛИ.....32
- А. В. Проскуряков

Исследования

- В. Е. Сидоров ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛА «ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ» В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ..... 44
- А. П. Усольцев
- А. А. Сабирзянов
- Б. А. Русанов
- Б. М. Игошев
- А. С. Медведева ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ УЧЕНИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФИЗИКЕ В УСЛОВИЯХ ГИБРИДНОГО ОБУЧЕНИЯ В ГОСПИТАЛЬНОЙ ШКОЛЕ 53

Науковедение

- Ю. А. Сауров ЮРИЙ ИВАНОВ: ШАГИ В БУДУЩЕЕ... 61
- АВТОРЫ ЖУРНАЛА 68

*Основатель журнала, главный редактор в 1997–2025 гг. — д.п.н., профессор
Майер Валерий Вильгельмович (Глазов)*

Редакция журнала:

Е. И. Вараксина (главный редактор), Р. В. Акатов, Л. С. Кропачева, Р. В. Майер,
Е. С. Мамаева

Редакционный совет:

С. В. Барышников	д.ф.-м.н., профессор, Благовещенск
И. В. Гребенев	д.п.н., профессор, Нижний Новгород
М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
О. В. Лебедева	д.п.н., доцент, Нижний Новгород
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров
А. П. Усольцев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
А. А. Шаповалов	д.п.н., профессор, Барнаул

Оргкомитет конференции:

Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Я. А. Чиговская-Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГИПУ, Глазов
Т. Н. Шамало	д.п.н., профессор, Екатеринбург

Перечень ВАК: Журнал «Учебная физика» включен Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Минобрнауки России в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Адрес редакции, издателя и типографии: 427621, Удмуртия, Глазов, Первомайская, 25, ФГБОУ ВО «ГИПУ», Телефон: (341 41) 5–32–29.

E-mail: uch-fiz@mail.ru, kropa@bk.ru

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный инженерно-педагогический университет имени В. Г. Короленко»

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686; внесены изменения в запись о регистрации средства массовой информации Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77–69506.

Подписной индекс: 79876.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 02.06.26. Подписано в печать 24.06.26.

Дата выхода в свет: 30.06.26.

Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,25.

Заказ 176. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Электрофор и электрофорный конденсатор, используемые в качестве источников электрического заряда в демонстрационных опытах по обоснованию закона Кулона (Майер В. В., Вараксина Е. И., Корнев Ю. А. Экспериментальное обоснование закона Кулона в 8 классе // Учебная физика. — 2026. — № 1. — С. 15–31).

Научная статья

ББК 74.262.23

УДК 372.853

В. Е. Сидоров, А. П. Усольцев, А. А. Сабирзянов

Б. А. Русанов, Б. М. Игошев

ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛА «ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ» В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

В статье рассматриваются особенности изучения темы «Электромагнитное поле в веществе» в школьном курсе физики в соответствии с тремя иерархическими уровнями: концептуальный, базовый, предпрофессиональный. Проводится анализ представленности этой темы в отечественных учебниках. Предлагаются содержательные элементы темы для каждого уровня, приводятся примеры представления средств наглядности разной степени детализации.

Ключевые слова: электромагнитное поле в веществе, обучение физике, содержательные уровни обучения физике.

V. E. Sidorov, A. P. Usoltsev, A. A. Sabirzyanov

B. A. Rusanov, B. M. Igoshev

STUDYING THE SECTION «ELECTROMAGNETIC FIELD IN MATTER» IN THE SCHOOL PHYSICS COURSE

The article discusses the specifics of studying the topic «Electromagnetic field in matter» in school physics course in accordance with three hierarchical levels: conceptual, basic and pre-professional. The analysis of Russian textbooks is carried out. Substantive elements of the topic for each level are proposed, and examples of visual aids with varying details are provided.

Keywords: electromagnetic field in matter, teaching of physics, meaningful levels of teaching physics.

DOI: 10.62957/2307-5457-2026-2-44-52

1. Постановка проблемы

Тема «Электромагнитное поле в веществе» в школьном курсе физики занимает весьма скромное место как по объему времени, отводимого на ее изучение, так и по вниманию к ней методистов и учителей. Особенно тема «пострадала» при введении ЕГЭ по физике [5], в котором взаимосвязь вещества с полем отражена в лишь в двух элементах содержания: «3.1.7. Проводники в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов: внутри проводника $E = 0$, внутри и на поверхности проводника $\varphi = \text{const}$. 3.1.8. Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества ε ».

Взаимодействие вещества с магнитным полем в кодификаторе вообще не представлено. Это в итоге отразилось и на современных учебниках физики, в которых эта тема отражается весьма кратко или вообще не рассматривается. Также тема «Электролиты» почти совсем исчезла из поля зрения методистов и учителей физики. Такое положение нельзя назвать удовлетворительным, поскольку ЕГЭ должны соответствовать содержанию школьного курса физики, а не наоборот, а содержание школьного курса физики должно отражать тот уровень развития науки и техники, знания о котором важны для формирования научного мировоззрения и представления о текущем уровне технического прогресса не только будущих физиков и инженеров, но и всех других.

Тема взаимодействия вещества и поля в этом аспекте важна, потому что формирует диалектическое понимание взаимовлияния поля и вещества на разных масштабах; показывает практическое применение в современном производстве и технике материалов, по-разному изменяющих магнитное и электростатические поля и изменяющихся под его воздействием, позволяет понимать физические принципы работы окружающих нас технических устройств (например, датчика Холла в смартфоне и автомобиле).

Идея создания единых базовых учебников физики в стране и линейки альтернативных учебников для профильного обучения должна найти свое воплощение в отборе физического содержания, в том числе и того, что касается взаимодействия магнитного и электрического поля с веществом. Но даже на уровне базового физического образования важно строить иерархию содержания, позволяющую, с одной стороны, акцентировать внимание обучающихся на главном, а с другой стороны, обеспечить им выбор глубины усвоения. В зависимости от этого выбора должен быть обеспечен различный уровень глубины и точности описания происходящих процессов. Например, в одном случае стоит лишь указать разделение веществ на диа- пара- и ферро- магнетики и перечислить

сферы применения каждого из них, тогда как в профильных классах следует объяснять механизмы, объясняющие то или иное изменение магнитного поля в веществе, и изменение самого вещества под действием магнитного поля.

В учебниках важна наглядность представления физических процессов в схемах и рисунках: чрезмерно упрощенные рисунки могут создавать неверный наглядный образ в сознании ученика, тогда как перегруженные деталями рисунки отпугивают его, не позволяют выделить существенное. Иногда объяснение процессов в веществе под действием электромагнитного поля является неточным.

В качестве иллюстрации к вышесказанному проведем ретроспективный анализ изложения темы «Электрическое поле в веществе» в учебниках физики, используемых за последние 20 лет.

Например, в учебнике В. А. Касьянова [2] вводится понятие полярных и неполярных диэлектриков, а затем написано: «В неполярных диэлектриках электростатическое поле сначала поляризует молекулы, растягивая в разные стороны положительные и отрицательные заряды, а затем поворачивает их оси вдоль напряженности поля» — что не соответствует действительности, так как никакого поворота молекул не происходит. Отметим, что эта фраза исправлена в последних изданиях учебника [3, 4]. Сам процесс поляризации диэлектриков рассматривается на примере полярных диэлектриков, при этом рисунок, объясняющий их поляризацию, является неточным (молекулы должны быть развернуты на 180°). В учебниках [8, 14] ничего не сказано ни про влияние теплового движения молекул на поляризацию, ни про другие виды поляризации.

В классическом учебнике [6] корректно и достаточно понятно показано, что такое полярные и неполярные диэлектрики, и как они поляризуются во внешнем электрическом поле. Но при этом в качестве полярного диэлектрика рассматривают кристалл поваренной соли NaCl , для которого, на самом деле, характерна ионная поляризация смещения.

Несколько раньше под общей редакцией Г. Я. Мякишева вышел учебник для углубленного изучения физики [7], в котором довольно подробно и понятно рассматривается влияние диэлектрика на электростатическое поле, отдельно вводится термин «электрический диполь», рассматривается поляризация полярных и неполярных диэлектриков, даются объяснения смысла диэлектрической проницаемости и поляризуемости диэлектрика, обсуждаются свойства сегнетоэлектриков.

В книге Б. М. Яворского и А. А. Пинского [15] вводятся такие понятия как «Вектор поляризации», «Электрическая восприимчивость», «Деформационная поляризуемость», «Ориентационная поляризуемость», что на базовом уровне представляется излишним. Также сложно этот вопрос описан в [3].

Что касается описания взаимодействия магнитного поля и вещества в учебниках, то тут можно обнаружить еще более значительный разброс в детализации: от полного отсутствия этой темы до введения понятия орбитального магнитного момента и описания его квантования, намагниченности, магнитной восприимчивости, описания природы намагниченности в диа-, пара- и ферромагнетиках [14].

Таким образом, можно поставить проблему: в каком объеме и детализации представлять тему взаимодействия поля и вещества при обучении на базовом и профильных уровнях обучения физике в школе?

2. Решение проблемы

Решение обоснованной выше проблемы строится на следующих базовых основаниях.

1. Содержательные элементы школьного курса физики имеют разную потенциальную ценность для школьников даже в одном классе, поэтому предметное содержание целесообразно разделить на три иерархических уровня по их значимости [10].

2. Наглядное сопровождение изучаемых содержательных элементов в виде схем, таблиц, средств физического эксперимента должно быть направлено на акцентирование внимания обучающихся на существенных в контексте уровня характеристиках изучаемых объектов [9].

Раскроем эти основания и рассмотрим их применение относительно обсуждаемой темы.

Деление учебного материала на три иерархических уровня позволяет обеспечить интерес к физике не только тех, кто собирается стать инженером или физиком и выбирает ЕГЭ по физике, но и остальных 85% школьников. Такое деление позволяет учителю при острой нехватке учебного времени в непрофильных классах сосредоточиться на том, что, во-первых, пригодится каждому человеку в его дальнейшей жизни, а во-вторых, формирует мировоззрение, базирующееся на научной картине мира. Такой уровень можно назвать *концептуальным*. Знание этого уровня — это знание современного человека, которое он имеет и через много лет после окончания школы.

На этом уровне вводятся физические явления, качественно описываются модели и составляющие их основные понятия. Далее рассматриваются мировоззренческие аспекты, каждый раз демонстрируется научный цикл познания, и при этом показывается практическое применение выявленных закономерностей в жизни. Этот материал должен в идеальном варианте помнить каждый человек через много лет, даже если после школы он совсем не учил физи-

ку. Средства наглядности, соответственно, акцентируют внимание именно на этих аспектах.

Концептуальный уровень раздела «Электромагнитное поле в веществе» стоит ограничить рассмотрением лишь внешних проявлений процессов поляризации и намагничивания материалов и объяснить эти проявления тем, что вещество состоит из частиц, имеющих электрические заряды, а значит, эти частицы взаимодействуют с внешними электромагнитными полями и одновременно создают собственные электромагнитные поля, а результат — суперпозиция этих полей внутри вещества. Также на этом уровне достаточно указать, что по электрическим свойствам все вещества можно разделить на диэлектрики (не проводят электрический ток) и проводники, а по магнитным свойствам указать ферромагнетики и сферы их практического применения.

При изучении диэлектриков отмечается, что они могут быть твердыми (дерево, кирпич, пластик, стекло), жидкими (вода) и газообразными. При внесении во внешнее поле диэлектрик поляризуется, то есть на одной его стороне появляются заряды одного знака, а на противоположной стороне — другого. Рисунок должен быть крупным, без излишней детализации (рис. 1). Главное, что ученики должны увидеть в этом рисунке: «перестроение» структуры вещества под действием внешнего поля, характеризуемого напряженностью $\vec{E}_0$, и создание в результате поля внутреннего, напряженность которого равна $\vec{E}_{\text{внутр}}$.

Мы считаем, что здесь не надо описывать, как именно поляризуются диэлектрики. Делают они это по-разному, но итог всегда один — на одной стороне появляются нескомпенсированные заряды одного знака, на противоположной — другого. При этом диэлектрик

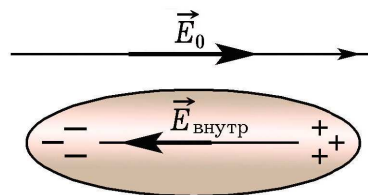


Рис. 1. Схема поляризации диэлектрика

в целом остается электронейтральным. И даже если разбить его на маленькие кусочки, то все они будут электронейтральными.

Поведение проводников (металлов) во внешнем электрическом поле описывается на этой же модели, но указывается, что в этом случае внутреннее поле полностью компенсирует внешнее, и если мы распилим образец на две половинки и даже выключим внешнее поле, то окажется, что вся левая половинка заряжена отрицательно, а вся правая — положительно. Это возникает из-за того, что электроны проводимости как газ (или жидкость) «отхлынули» к левому краю и при разделении образца там и остались. Дальше показывается демонстрация электростатической защиты и обсуждается ее применение.

Рассмотрение взаимодействия магнитного поля с веществом стоит начать с упоминания того факта, что практически все вещества в природе «прозрачны» для магнитного поля, то есть защиты от магнитного поля не существует. По магнитным свойствам все вещества можно разделить на две группы: слабомагнитные и сильномагнитные. В слабомагнитных веществах магнитное поле почти не меняется, а в сильномагнитных многократно усиливается. Далее рассказывается только про ферромагнетики и разбирается сфера их практического применения. Как видно, на этом уровне вполне можно обойтись без введения понятия магнитной проницаемости среды.

Второй уровень условно можно назвать *базовым*. Этот уровень определяет то содержание, которое помнит выпускник средней школы сразу после ее окончания [11].

Этот базовый объем должен обеспечивать человеку возможность в дальнейшем получить любое профессиональное образование, в том числе, и связанное с техникой и естественными науками. Если же этот базовый объем человеком остается не востребован, то через некоторое время вследствие естественных процессов забывания он уменьшается, но не ниже, чем до концептуального уровня. Именно этот объем и составляет предметный образовательный результат, определяемый Федеральными государственными образовательными стандартами базового уровня, а также кодификатором ЕГЭ по физике.

На этом уровне содержание темы взаимодействия поля и вещества концептуального уровня дополняется более детальным и строгим объяснением механизмов возникновения электростатического поля в диэлектриках и проводниках.

Для количественного описания изучаемых явлений вводят понятие диэлектрической проницаемости среды ε и магнитной проницаемости среды — μ . По магнитной проницаемости среды дается классификация вещества на слабомагнитные (магнитонеупорядоченные структуры) и сильномагнитные (магнитоупорядоченные структуры). В качестве слабоупорядоченных рассматриваются диа- и пара- магнетики и сферы их применения, а в качестве сильноупорядоченных рассматриваются по-прежнему только ферромагнетики. На этом уровне указывается, что своими уникальными магнитными свойствами ферромагнетики обладают только до определенных температур, называемых температурами Кюри (у каждого ферромагнетика эта температура индивидуальная). При перегреве за температуру Кюри ферромагнетик превращается в обычный парамагнетик.

Предпрофессиональный уровень предлагается обучающимся профильных классов с углубленным изучением физики или на дополнительных занятиях по физике [12]. На этом уровне обес-

печивается максимально подробное изучение материала, доступное школьникам на их уровне, и внимание к деталям, которое излишне на предыдущих уровнях. Например, можно отметить тот факт, что силовые линии внешнего электрического поля всегда входят и выходят из поверхности проводника под прямым углом (рис. 2).

Наличие электронов проводимости позволяет использовать металлические проводники как хранилища для электрических зарядов. Если проводнику сообщить заряд, то он локализуется лишь в тонком приповерхностном слое проводника. При этом если поверхность проводника гладкая, без выступов, то заряд размазывается равномерно по поверхности (рис. 3.1), если же есть выступы, то заряды «любят» скапливаться на выступах (рис. 3.2).

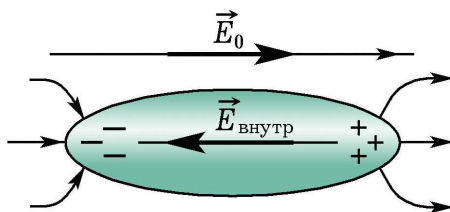


Рис. 2. Металлический проводник во внешнем электрическом поле

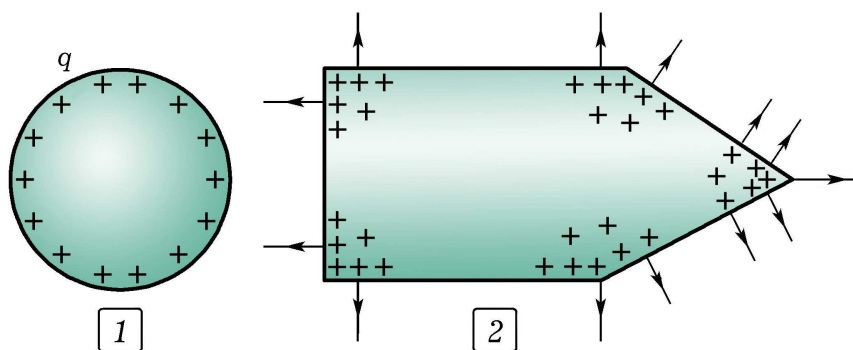


Рис. 3. Распределение зарядов на проводнике

В общем случае заряды распределяются по поверхности проводника неравномерно, поле вокруг проводника становится неоднородным, но при этом все точки проводника имеют одинаковый потенциал.

Эту неоднородность электрического поля можно использовать для создания более высокой концентрации молекул газов, позволяющей «выкачивать» в этой области вещество, добываясь более высокого разрежения газа.

При изучении магнитных свойств вещества, рассматривая магнитоупорядоченные структуры, можно рассмотреть не только ферромагнетики, но и ферримангнетики и антиферромагнетики. На

этом уровне целесообразно рассмотреть домены при намагничивании, тогда как на предыдущих уровнях такой необходимости нет. Также необходимо рассмотреть эффект Холла, его простейшее объяснение на основе силы Лоренца и сферы применения. Возможно выполнение работ физического практикума на изучение свойств ферромагнетиков, изучение работы датчика Холла.

В классах медицинского профиля вполне допустимо и целесообразно знакомство с методом ядерного магнитного резонанса, который позволяет изучать организм человека на основе особенностей магнитных свойств разных тканей организма человека.

3. Выводы

Содержание темы «взаимодействие электромагнитного поля с веществом» целесообразно разделить на три иерархических содержательных уровня: концептуальный, базовый и предпрофессиональный. На концептуальном уровне рассматривается их взаимовлияние друг на друга, их философское диалектическое значение и основные сферы практического применения. На базовом уровне необходимо обеспечить усвоение, соответствующее уровням советских учебников, рассмотреть элементарное объяснение свойств диэлектриков и проводников, а также сильно– (только ферромагнетиков) и слабо– магнитных веществ.

На предпрофессиональном уровне рассматриваются распределения зарядов в проводнике, особенности создаваемых ими электрических полей вне проводника. Магнитные свойства вещества объясняются на основе изучения доменных структур, изучается эффект Холла, возможно знакомство с методом ядерного магнитного резонанса.

Средства наглядности на концептуальном уровне не должны содержать излишней детализации, не перегружать внимание обучающихся, тогда как на предпрофессиональном уровне должно обеспечиваться внимание на деталях, имеющих важное техническое прикладное значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изергин Э. Т. Физика. Учебник для 10 класса общеобразовательных организаций. — М.: Русское слово, 2021. — 272 с.
2. Касьянов В. А. Физика, 10 класс. — М.: Дрофа, 2002. — 416 с.
3. Касьянов В. А. Физика, 10 класс, базовый уровень. — М.: Просвещение, 2022. — 301 с.
4. Касьянов В. А. Физика, 10 класс, углубленный уровень. — М.: Дрофа, 2020. — 480 с.
5. Кодификатор проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по ФИЗИКЕ. — URL: <https://phys.pro/media/files/code-2026.pdf>. (дата обращения: 23.02.2026).

6. Мякишев Г. Я. Физика, 10 класс, базовый и углубленный уровень / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский. — М.: Просвещение, 2024. — 432 с.
7. Мякишев Г. Я. Физика: Электродинамика. 10–11 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики / Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков, Б. А. Слободсков. — 4-е изд., стереотип. — М.: Дрофа, 2002. — 180 с.
8. Пурышева Н. С. Физика, 10 класс, базовый и углубленный уровень / Н. С. Пурышева, Н. Е. Важеевская, Д. А. Исаев. — М.: Дрофа, 2019. — 329 с. — Текст : непосредственный.
9. Усольцев А. П., Шамало Т. Н. Наглядность и ее функции в обучении // Педагогическое образование в России. — 2016. — № 6. — С. 102–109.
10. Усольцев, А. П., Сидоров В. Е. О повышении эффективности обучения естественно-научным предметам // Химия в школе. — 2025. — № 10. — С. 16–19.
11. Федеральная рабочая программа | Физика. 10–11 классы (базовый уровень). — URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/23_ФРП_Физика_10-11-классы_база.pdf (дата обращения: 23.02.2026).
12. Федеральная рабочая программа | Физика. 10–11 классы (углубленный уровень). — URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/24_ФРП_Физика-10-11-классы_угл.pdf (дата обращения: 23.02.2026).
13. Физика, 10 класс, базовый и углубленный уровень / А. В. Грачев, В. А. Погожев, А. М. Салецкий, П. Ю. Боков. — М.: Вентана-Граф, 2019. — 458 с.
14. Физика, 10 класс. Учебник / Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова, И. Н. Корнильев, А. В. Кошкина. — М.: БИНОМ, 2019. — 256 с.
15. Яворский Б. М. Основы физики / Б. М. Яворский, А. А. Пинский. — Т. 2. — М.: Наука, 1972. — 734 с.

Уральский государственный
педагогический университет

Поступила в редакцию 24.02.26.