

Научная грамотность при обучении физике: проблемы формирования и диагностики

Сауров Юрий Аркадьевич¹, Уварова Марина Павловна²

¹доктор педагогических наук, профессор, член-корреспондент РАО. Россия, г. Киров.
ORCID: 0000-0002-8756-8103. E-mail: saurov-ya@yandex.ru

²кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики и методики обучения физике,
Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. ORCID: 0000-0002-0058-8313.
E-mail: mpozolotina@mail.ru

Аннотация. Выделение проблемы формирования научной грамотности на данном этапе развития физического образования оправдано с нескольких точек зрения. Во-первых, в условиях массового обучения и ограниченности ресурсов сильно затруднено освоение языка-техники предмета (во многом математики). Отсюда появляется непонимание физических объектов и явлений, как следствие, идет потеря мотивации учения. Во-вторых, достаточно актуальной остается проблема содержательной перегрузки школьников. В-третьих, несомненно, освоение научной грамотности прямо связано с формированием физического миропонимания.

В данных условиях важно иметь инструменты для объективной диагностики уровня знаний, умений и мировоззрения учащихся, значит, иметь возможность с учетом полученных данных вовремя корректировать учебный процесс, в том числе с точки зрения формирования естественно-научной грамотности учащихся.

Цель настоящего исследования: на основе научно-методического и экспериментального исследования определить в главном содержание и приемы диагностики естественно-научной грамотности учащихся, эмпирически обосновать справедливость предложенных подходов, дать рекомендации по организации учебного процесса в школе и его оценивания.

Анализ результатов проведенного исследования в разных аспектах показал, что учащиеся лица по ряду причин по всем показателям имеют лучшие результаты по сравнению с учащимися общеобразовательных школ. Однако учащиеся всех учреждений испытывают трудности при выполнении заданий, связанных с группой умений построения и использования моделей объектов и явлений. Это значит, что существуют устойчивые проблемы и с формированием знакового мышления, следовательно, и с математической, и естественно-научной грамотностью учащихся.

Выделены проблемы дальнейшего продолжения проектной деятельности по освоению научной грамотности школьников: построение тестов и/или контрольных работ для разного содержания предметной деятельности, осмысление экспериментальных данных и коррекция методик формирования, в том числе причин затруднений школьников.

Ключевые слова: миропонимание, научная грамотность, ядро содержания физического образования, организация учебной деятельности, методы и приемы диагностики научной грамотности.

Постановка научно-методической проблемы. Довольно широко признано, что научная (в том числе и естественно-научная) грамотность населения является важным аспектом экономического и социального развития любой страны. Поэтому начиная с 1950-х годов уделяется пристальное внимание ученым всего мира к разработке этого понятия и его компонентов. А уже в 1991 году в международных сравнительных исследованиях качества знаний учащихся по математике и естественно-научным предметам приняла участие и Россия. Наши учащиеся оказались на четвертом месте по математике и на пятом по физике [29]. Однако происходившее реформирование во всех сферах жизни общества, в том числе и в области образования, привело к падению качества знаний и умений учащихся. В 1997 году итоги международного исследования показали резкое расслоение российских школ и учащихся по качеству знаний: учащиеся профильных школ вошли в первую тройку стран по качеству знаний, учащиеся массовой школы оказались практически в конце списка [10]. А уже по результатам исследования PISA в 2000 году по общему количеству баллов в направлении естественно-науч-

чной грамотности РФ занимала 26-е место, и далее ситуация только ухудшалась: по результатам 2009 года РФ занимала 39-е место, затем результаты незначительно улучшались, и в 2018 году РФ стала занимать 33-е место (PISA, 2018). В международном исследовании 2022 года РФ не принимала участие, в настоящее время проводится только всероссийское ежегодное исследование по модели PISA – ВПР. Однако результаты учащихся по-прежнему невысокие [25].

В настоящее время необходимость формирования основ целостной научной картины мира и целого спектра знаний и умений в области физики зафиксирована во ФГОС [26]. Однако на практике в условиях ограниченного времени обучения и большого объема изучаемой информации возникают трудности в достижении указанных целей. И для решения этих проблем на современном этапе невозможно обойтись без средств методологии образовательной деятельности. Субъектов образования уже не волнуют просто формулы и задачи, всех волнуют смыслы. А они находятся при обучении физике в области физического миропонимания природы.

Иными словами, для поиска прорывных решений в области методики формирования естественно-научной грамотности учащихся и студентов требуется с точки зрения теории рассмотреть взаимосвязи миропонимания, мировоззрения, методологической культуры субъектов образования, с точки зрения практики – разработать диагностические материалы для выделения проблем в данных областях, разработать эффективные методические приемы формирования и развития, внедрить их в реальную практику обучения.

Отсюда цель настоящего исследования: на основе научно-методического и экспериментального исследования определить содержание и приемы диагностики естественно-научной грамотности учащихся, эмпирически обосновать справедливость предложенных подходов, дать рекомендации по организации учебного процесса в школе и его оценивания.

Объектом исследования и конструирования являются методические решения по определению содержания и приемов диагностики естественно-научной грамотности школьников в старших классах.

Обзор литературы. Понятие научной грамотности учащихся сравнительно широко рассматривается и в зарубежной, и в отечественной литературе. Представлены глубокие теоретические обзоры истории возникновения и развития представлений об этом понятии [28; 31]. Однако практически отсутствуют работы, в которых рассматривается отношение понятий мировоззрения, миропонимания и естественно-научной грамотности. Определение взаимосвязи данных понятий необходимо для осознанного и методически грамотного подхода к формированию всех этих компонентов личности учащихся.

Итак, миропонимание наряду с мироотношением и мироощущением является структурным компонентом мировоззрения. При этом миропонимание выступает в качестве основного содержательного стержня, то есть миропонимание представляет собой совокупность основных знаний о мире и методах его познания, и в конечном итоге оно является ядром научной картины мира [7].

Так как естественно-научно грамотный человек должен обладать компетенциями «научно объяснять явления, применять естественно-научные методы исследования, интерпретировать данные и использовать научные доказательства для получения выводов» [8], то можно сказать, что естественно-научная грамотность представляет собой способность человека фактически в деятельности проявлять свое мировоззрение. Так как рассмотрение этих двух понятий неразрывно связано друг с другом, следовательно, уровень сформированности естественно-научной грамотности можно диагностировать и по уровню сформированности конкретных физических элементов мировоззрения учащихся.

В свою очередь, мировоззрение без знаний не существует, поэтому при обучении физике, особенно на современном этапе, необходимо осознанно подходить к отбору содержания и методическому обеспечению его освоения. В этом контексте должна усиливаться роль и значение методологии познания в организации процессов усвоения знаний.

Методология позволяет осмысленно представить научные знания – систему фундаментальных физических понятий, методы познания, физические величины – как характеристики свойств, законы физики как модели явлений, границы применимости знаний, в итоге выделить взаимосвязь теории и эксперимента в физике, осознать роль математических моделей, применять в деятельности такие принципы, как принцип относительности, симметрии, законы сохранения. Методологические линии (аспекты) в освоении научной грамотности выражаются и в раскрытии общих закономерностей познания физических законов, приобретении и эволюции знания в социально-историческом процессе, трансформации его к современному виду.

На основе исторического анализа можно выделить следующие идеи-программы, которые могут выступать как фундамент для задания научной грамотности.

1. Программа освоения научного метода познания и формы его реализации [4; 9; 11]. В настоящее время, в том числе с применением данных представлений, разрабатывается программа формирования естественно-научной грамотности школьников [1; 8].

2. Концепция физических взаимодействий для структурного представления физических знаний и формирования современной физической картины мира [7]. Вариант изложения данной концепции представлен и в учебнике [12, с. 324], однако с точки зрения развития учащихся важно не только итоговое обобщение представлений о физической картине мира, но и последовательное использование методических идей структурного представления знаний при изучении физических теорий в рамках любой деятельности.

3. Принцип различения реальности и описаний при освоении физического содержания [13; 15; 16]. Выделяют фундаментальные онтологии: пространство и время как субстанции, материю в формах физических объектов и физических явлений (взаимодействий). Разнообразие последних определяется разнообразием объектов, их состояний, их взаимодействий. Все частные проявления взаимодействий в конечном итоге по природе сводятся к четырем фундаментальным: гравитационному, электромагнитному, сильному, слабому. Они идентифицируются как самостоятельные, и в обучении это устойчивый и признанный подход.

Данные программы создают основание для построения задания по оцениванию естественно-научной грамотности. Согласно инструментарию PISA, каждое предлагаемое задание классифицируется по компетенции (набору конкретных умений), типу естественно-научного знания, контексту и познавательному уровню (степени трудности). При этом умения зачастую группируют следующим образом: научное объяснение явлений, понимание особенностей естественно-научного исследования, интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов. Все это напрямую согласуется с программой освоения научного метода познания, освоения методологии деятельности в области не только естественных наук.

Что касается типов научного знания как средств описания реальности, то выделяют содержательное и процедурное знание, то есть все многообразие знаний делится на предметные (понятия, законы, теории и др.) и «методологические» – знания о методах исследования и деятельности. Это должно способствовать определению статуса знаний и в итоге – различению реальности и описаний. Все задания подразделяются на познавательные уровни: низкий, средний, высокий. Задания низкого уровня проверяют умение выполнять одношаговую процедуру (распознавать факты, понятия, принципы и пр.), задания среднего уровня предполагают применение понятийного знания для описания и объяснения явлений, задания высокого уровня предполагают анализ сложной информации или данных, обобщение и оценку результатов, формулировку выводов и путей решения проблемы [5; 8].

Также в заданиях на диагностику естественно-научной грамотности учащихся большое внимание уделяется контексту – области, к которой относится рассматриваемая проблемная ситуация [5]. При этом исследователи утверждают, что «контекст – это очень важное условие того, чтобы данное задание можно было считать заданием на естественно-научную грамотность» [8]. Данная точка зрения поддерживается в некоторых зарубежных исследованиях [32; 33], при этом отмечается, что для наиболее эффективного формирования научной грамотности обучающихся необходимо организовывать контекстное обучение.

Однако мы считаем, что для своевременного корректирования учебного процесса с точки зрения развития естественно-научной грамотности необходима также разработка заданий, диагностирующих и компоненты мировоззрения учащихся, и отдельные элементы знаний, умений учащихся. В условиях ограниченного времени большие контекстные задания решать неудобно, трудозатратно. Ниже нами предлагается совокупность такого рода вопросов и заданий, которые позволяют по результатам тестирования говорить о сформированности мировоззрения учащихся и элементов научной грамотности, причем данные задания можно легко интегрировать в процесс обучения без отведения дополнительного времени.

Методология исследования. Мы ориентированы на совершенствование инструментов и методики диагностики мировоззрения, миропонимания и естественно-научной грамотности на основе результатов исследования практики обучения.

Экспериментальное исследование проводилось на базе МБОУ СОШ № 73 г. Кирова, МБОУ СОШ № 14 г. Кирова, МОАУ «Лицей № 21» г. Кирова. Количество респондентов: 210 учащихся 10-х классов.

С учетом специфики темы исследования были выбраны следующие *методы экспериментального исследования*: планирование, конструирование, тестирование, сравнение, статистические методы (качественный и количественный анализ результатов), обобщение.

Материалы исследования были составлены из заданий и тестовых вопросов различного вида. Работа состояла из двух вариантов. Первый вариант был составлен по темам «МКТ и термодинамика», второй – по теме «Электростатика». Время проведения теста: май 2024 года. Получается, что у первого варианта проверочной работой проверялись «остаточные» знания, у второго варианта – знания по только что освоенной теме.

При составлении вопросов и заданий мы руководствовались следующими идеями. Комплекс вопросов был построен таким образом, чтобы по возможности обеспечить полноту и степень охвата исследуемого процесса. Первостепенное внимание уделялось диагностике предметных знаний, умению применять знания для решения обозначенной проблемы, умению разделять реальные объекты и явления окружающего мира от используемых средств описания (физические величины, законы и др.), умению строить модели явлений и объектов и умению работать с ними.

Проверочная работа состояла из семи заданий, одно из которых было контекстным с двумя вопросами. В основном тестовые задания были закрытого типа, но несколько заданий были открытыми: учащимся предлагалось дать подробный ответ, высказать свою точку зрения по представленной ситуации, изобразить знаковую модель.

Опишем ход исследования.

Представим примеры типичных заданий проверочной работы.

Задание 1. На кружке по физике десятиклассники проводили эксперименты по изучению электрических явлений. Из оборудования у них имелись две гильзы из фольги, подвешенные на длинных капроновых нитях (рис. 1), пластиковая линейка и лист бумаги.

Учащиеся развели гильзы на достаточное расстояние и с помощью линейки положительно зарядили левую гильзу. Затем гильзы стали сближать. На некотором расстоянии гильзы стали притягивать друг к другу.

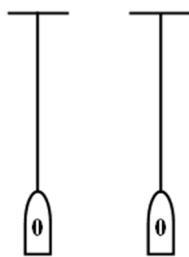


Рис. 1. Иллюстрация к заданию № 1

Вопрос 1. Какой рисунок-модель (рис. 2) наиболее точно отражает суть наблюдаемого явления?

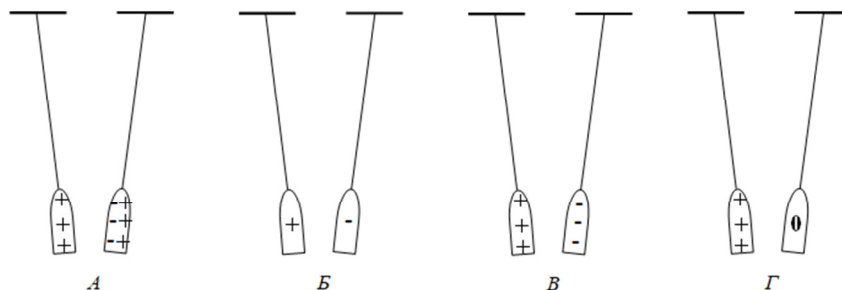


Рис. 2. Иллюстрация к вопросу № 1 задания № 1

Вопрос 2. Объясните факт взаимодействия на небольшом расстоянии заряженной и незаряженной гильз.

Задание 2. Чем метод наблюдения отличается от метода эксперимента?

- А) Наблюдение можно проводить индивидуально, а эксперимент – коллективно.
- Б) Различий нет: эксперимент – это тоже наблюдение.
- В) Эксперимент можно проводить только в лаборатории.
- Г) При наблюдении нет вмешательства в изучаемое явление, в эксперименте – есть.

Задание 3. В описанном эксперименте учащиеся изучали поведение гильз из фольги. Можно ли гильзы в условиях данного эксперимента моделировать точечными зарядами? Почему?

Задание 4. Термодинамическая система – это...

А) Объект природы. Б) Знание о реальности, например, модель газа. В) Экспериментальная установка. Г) Формулировка закона.

Разноплановость заданий позволяет выявить недостатки в освоении предметных и мировоззренческих знаний (определение статуса знания), в применении знаний для решения проблемы и прочем и на основании полученных фактов сделать выводы о процессах формирования естественно-научной грамотности учащихся.

Результаты исследования. В ходе исследования были получены две группы результатов.

Первая группа результатов содержит эмпирические факты (знания) освоения учащимися предметного содержания тем школьного курса физики, мировоззренческого материала и ряда фундаментальных умений, в том числе присущих представлениям об овладении естественно-научной грамотностью.

Вторая группа результатов – это идеи по построению и накоплению «банка» заданий для проведения текущего мониторинга освоения учащимися элементов естественно-научной грамотности, методических рекомендаций по совершенствованию учебного процесса в школе. Мы убеждены, что такой подход позволит улучшить качество знаний учащихся, поскольку используемые вопросы имеют явно выраженный обучающий характер, в том числе позволяют учащимся провести рефлексию собственных знаний и смысла изученного материала.

Отметим, что формирование физической грамотности (и в итоге миропонимания, естественно-научной грамотности) как раз и заключается в том, чтобы освоить язык (своеобразный алфавит) физики. Повторим, что в него входит смысл и содержание следующих основных видов знаний: понятия пространства, времени и материи, понятия физической системы и системы отсчета, физические величины, принципы физики, методы исследования физических объектов и явлений, физические объекты и их модели, типичные физические явления и их законы, границы применимости знаний...

Обратимся к поэлементной обработке результатов проведенного экспериментального исследования знаний и умений учащихся десятого класса. Представим общие данные по темам (см. таблицу).

Таблица 1

Обработка результатов экспериментального исследования уровня сформированности естественно-научной грамотности и мировоззрения учащихся десятых классов

№	Элемент знаний или умений	Процент верных ответов в общеобразовательных школах, 44 уч.	Процент верных ответов в лицее, 61 уч.
Тема «МКТ и термодинамика», вариант 1			
1	Название физического закона, которое описывает исследуемое явление	39	92
2	Определение статуса знаний	41	92
3	Различение реального объекта и его модели, работа со средством описания объектов (группа из трех заданий)	35	83
4	Выделение существенных характеристик для предсказания хода протекания явлений	45	70
5	Узнавание реального объекта или явления по его знаковой модели	66	91
		Процент верных ответов в общеобразовательных школах, 44 уч.	Процент верных ответов в лицее, 61 уч.
Тема «Электростатика», вариант 2			
6	Выбор объяснительной модели явления	28	84
7	Объяснение физического явления	1	39
8	Знание научного метода познания	86	100
9	Выделение условий для построения модели	1	39
10	Определение статуса знаний	61	82
11	Различение реального объекта и его модели, работа со средством описания объектов (группа из трех заданий)	26	46
12	Построение знаковой модели по описанию явления	0	36

Констатируем, что учащиеся лица показывают лучшие результаты по сравнению с учащимися общеобразовательных школ. И по уровню освоения многих знаний, и по сформированности умений они имеют более высокие показатели. Это связано со многими факторами: наличием большего количества учебных часов, хорошей материальной базой лица и возможностью проводить разнообразные экспериментальные работы по изучению физических явлений, более высокой познавательной мотивацией лицеистов и др. В том числе оказалась немаловажной профессиональная ориентировка учителя лица на вопросы методологии познания, что по результату в целом говорит о доступности материала. Тем не менее даже у лицеистов наблюдается низкий показатель выполнения заданий, требующих объяснения физического явления (элемент № 7, см. таблицу). При этом 70% учащихся общеобразовательных школ не приступили к этому типу заданий, а верный ответ дали лишь единицы.

Также большие трудности учащиеся школ и лица испытывают при выполнении заданий, связанных с группой умений построения и использования моделей объектов и явлений (элементы № 9, 11, 12). При этом важно отметить, что к ряду заданий часть учащихся общеобразовательных школ вообще не приступают. В частности, в заданиях на диагностику сформированности элемента № 3 (см. таблицу) не приступали к выполнению 56 % учащихся, элемента № 7 – 70 %, элемента № 9 – 56 %, элемента № 12 – 64 %.

Следует констатировать, что проблемы по освоению ключевых при обучении физике умений моделирования по-прежнему сохраняются, а следовательно, существуют проблемы с формированием знакового мышления, а значит, и с математической грамотностью, с естественно-научной грамотностью учащихся, в том числе в области обработки табличной и графической формы представления результатов исследования. Полученные данные согласуются с другими исследованиями [21; 22]. Сходные проблемы практики формирования умений работать с такой формой представления информации отмечают и другие исследователи [6; 23], в том числе и за рубежом [27].

Если интерпретировать полученные данные с точки зрения знаний и умений, раскрывающих именно содержание естественно-научной грамотности в общепринятом смысле, получается:

а) учащиеся относительно хорошо могут определить статус знания по его описанию (физическая величина, закон и пр.), знают, чем один метод получения знаний (наблюдение) отличается от другого (эксперимент) (см. таблицу, элемент № 8), однако если нужно применить знания, например, для различения реального объекта и его модели, для работы со знаковой моделью объекта и явления, то у учащихся возникают серьезные трудности (см. таблицу, элементы № 4, 8);

б) учащиеся испытывают трудности с объяснением физических явлений, причем процент верного выполнения данного задания у учащихся из общеобразовательных школ критически низкий. Среди учащихся лица верно выполнили это задание только 39 %. В целом данные коррелируют и с результатами ЕГЭ по физике в 2024 году. Так, в линии заданий № 21 (качественная задача на объяснение физического явления, в 2024 году была по темам «Электродинамика», «МКТ и термодинамика») средний процент выполнения заданий по всей России среди сдающих ЕГЭ был 37,2 % [2, с. 16];

в) существенные трудности учащиеся испытывают при использовании и создании объяснительных моделей: как мы видим по таблице, у учащихся общеобразовательных школ наблюдаются критически низкие результаты. Чуть лучшие результаты – с узнаванием реального объекта или явления по его знаковой модели, представленной в форме рисунка (см. таблицу, элемент № 5).

Все это позволяет сделать вывод: учащиеся общеобразовательных школ имеют невысокий уровень сформированности умений, что свидетельствует о невысоком уровне формирования их естественно-научной грамотности. Более высокие результаты показывают учащиеся лица.

Обсуждение и заключение. Проведенное экспериментальное исследование позволяет выделить проблемы теории и практики формирования мировоззрения и естественно-научной грамотности учащихся. На основании полученных мы предлагаем ряд методических решений в двух направлениях:

А) Совершенствование методики обучения физике в школе – конкретные методические приемы организации учебной деятельности.

Б) Разработка диагностических материалов для выявления уровня сформированности элементарных знаний и умений, составляющих основу научного мировоззрения учащихся и их естественно-научной грамотности в целом.

А) Конкретные методические приемы организации учебной деятельности для формирования научной грамотности. Выделение и систематизация этих приемов должны идти постоянно. Для примера выделим здесь направления конструирования методических решений.

структурируется на основе принципа цикличности [3; 17; 18].

[19]. На наш взгляд, эффективная методологическая ориентировка по предметному содержанию учебной деятельности – это различение реальности и описаний.

относим ориентировки миропонимания: сначала выделение исследуемых физических объектов и явлений, их свойств; но почти сразу закрепление этих представлений при задании описаний в знаковых или образных моделях.

«выделение физического явления – описание физического явления». Выделение физического явления выражается в выделении физических объектов, их движения и взаимодействия. И так в физике задается реальность. На этой основе происходит «узнавание» явления. Описание физического явления в обучении всегда вариативно: проще всего характеристика физическими величинами, сложнее – использование законов; глубже – построение моделей явления и др.

под задачу формирования научной грамотности, происходит трудно. Приведем некий «банк» заданий, которые довольно типичны для формирования представлений о научной грамотности. В каждом блоке элементы опыта деятельности могут быть представлены на языке знаний и умений. Такое различие определяется уровнем (активностью) усвоения, хотя и несколько условно. В конечном итоге любое знание выражается в умениях его воспроизвести или использовать. Форма диагностики опыта, в частности, для удобства обработки результатов во многих случаях дана с выбором ответа. Подчеркнем, что предметное наполнение элементов знаний может быть весьма большим, что оставляет возможности для методического творчества.

БЛОК I. Знания о методах и опыте научного познания.

3. Какая из моделей точнее описывает механическое явление: материальная точка, абсолютно твердое тело, упругое тело, система материальных точек?

БЛОК II. Общие предметные знания и умения о фундаментальных понятиях.

9. Как различаются вещество и поле? Ответ обосновать.
10. Чем различаются луч и световой поток? Ответ обосновать.
11. Заряд – это физическая величина или название объекта природы? Что изображается при выполнении рисунка заряда: физический объект или физическая величина?

БЛОК III. Обобщения об определении и содержании ФКМ.

11. Что такое «современная физическая картина мира» (ФКМ)?

- А. Отражение объективной реальности. Б. Картина восприятия мира человеком.
В. Физическая модель природы. Г. Совокупность знаний физики и философии.
Д. Процесс существования и развития природы.

12. Какие физические теории входят в содержание современной ФКМ? (Выбрать наиболее полный ответ.).

А. Механика, электродинамика, СТО. Б. Механика жидкостей, квантовая физика, электродинамика, термодинамика. В. Механика, СТО, электродинамика. Г. Квантовая физика, молекулярная физика, медицинская физика. Д. Квантовая физика, молекулярная физика, электродинамика, механика.

13. Какие из перечисленных принципов входят в содержание современной ФКМ? (Выбрать наиболее полный и верный ответ.).

А. Причинности, взаимодействия, непрерывности движения, познаваемости, близкодества. Б. Взаимодействия и движения материи, развития мира. В. Причинности, относительности, существования сил природы, существования законов, познаваемости. Г. В состав ФКМ входят принципы механики, квантовой физики, электродинамики. Д. Принцип равноправия и принцип свободы.

14. Определите, какие из названных физических законов входят в состав современной физической картины мира.

- А. Закон Кулона, закон Паскаля, закон Ома. Б. Закон Паскаля, законы динамики.
В. Газовые законы, уравнение Эйнштейна. Г. Закон Кулона, закон Ома.
Д. Нет верного ответа.

15. Почему квантовые понятия и закономерности мы не используем в быту?

Заключение. Мы уверены, что вопросы формирования научной грамотности школьников – это важная практическая задача организации учения физики в массовой школе. Она достаточно конкретна и понятна как для учителей, так и для школьников. Она хорошо вписывается во всю проблематику совершенствования теории и практики развития физического образования [20].

Успешное освоение научной грамотности, по нашему мнению, невозможно без длительной и последовательной методической работы по «насыщению» конкретной работы на каждом уроке. И через содержание это должно быть выражено в учебнике.

Список литературы

1. Алексашина И. Ю., Петрова Е. Б., Королев М. Ю. и др. Возможно ли решение проблемы естественно-научной грамотности населения России? / И. Ю. Алексашина, Е. Б. Петрова, М. Ю. Королев, А. Ю. Пентин, Н. И. Одинцова // Физическое образование в ВУЗах. 2016. Т. 22. № 3. С. 5–10.
2. Демидова М. Ю., Грибов В. А. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2024 года по физике. М., 2024. 35 с.
3. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления : монография. Киров : Старая Вятка, 2013. 232 с.
4. Майер В. В., Сауров Ю. А. Экспериментирующее мышление в методике обучения физике // Физика в школе. 2018. № 7. С. 3–11.
5. Методические рекомендации по формированию и оценке функциональной грамотности обучающихся: сборник методических рекомендаций / авт.-сост. О. Н. Бершанская, Т. Ю. Ерёмина, Г. А. Кобелева, Н. В. Носова, С. А. Окунева, А. В. Ряттель. Киров : КОГОАУ ДПО «ИРО Кировской области», 2022. 135 с.
6. Михайлова А. А. Мониторинг формирования функциональной грамотности обучающихся среднего звена // Вестник науки. 2023. Т. 3. № 5 (62). С. 287–290.
7. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. М. : Просвещение, 1977. 168 с.
8. Пентин А. Ю., Никишова Е. А., Никифоров Г. Г. Основные подходы к оценке естественно-научной грамотности учащихся основной школы. URL: http://school43.spb.ru/files/en-gram_podhod.pdf.
9. Орлов В. А., Сауров Ю. А. Практика решения физических задач: 10–11 класс : учеб. пособие для учащихся общеобразоват. учреждений. М. : Вентана-Граф, 2015. 272 с.
10. Разумовский В. Г. Проблема общего образования школьников и качество обучения физике // Педагогика. 2000. № 8. С. 12–16.
11. Разумовский В. Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования : избранные научные статьи. М. : Изд-во РАО, 2016. 196 с.
12. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Никифоров Г. Г. и др. Физика : учеб. для учащихся 11 класса общеобразоват. учреждений / В. Г. Разумовский, В. А. Орлов, Г. Г. Никифоров, В. В. Майер, Ю. А. Сауров, Е. К. Страут. Ч. 2. М. : ВЛАДОС, 2011. 359 с.

13. Сауров Ю. А. Научное творчество профессора В. В. Мултановского. О личности в образовании : монография. Киров : О-Краткое, 2015. 256 с.
14. Сауров Ю. А. Вопросы методологии и содержание физического смысла в обучении // Учебная физика. 2018. № 2. С. 47–63.
15. Сауров Ю. А., Коханов К. А. Освоение границ применимости знаний при изучении квантовой физики // Физика в школе. 2019. № 6. С. 19–27.
16. Сауров Ю. А., Мултановский В. В. Квантовая физика: модели уроков. М. : Просвещение, 1996. 272 с.
17. Сауров Ю. А. Физика. Поурочные разработки. 11 класс. 5-е изд., перераб. М. : Просвещение, 2022. 274 с.
18. Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике: историко-методологический анализ : монография. Киров : Изд-во КИПК и ПРО, 2008. 224 с.
19. Сауров Ю. А. Модели и моделирование в методике обучения физике: логико-методологические поиски : монография. Киров : Радуга-ПРЕСС, 2016. 216 с.
20. Сауров Ю. А. Построение постнеклассической методики обучения физике: методологический и методический синтез : монография. Киров : Радуга-ПРЕСС, 2022. 212 с.
21. Сауров Ю. А., Уварова М. П. Проблема диагностики физического мышления в обучении // Перспективы науки и образования. 2022. № 5. С. 233–246. DOI: 10.32744/pse.2022.5.14.
22. Сауров Ю. А., Уварова М. П., Перевоицков Д. В. Об исследовании освоения границ применимости физических понятий, принципов, моделей и законов // Перспективы науки и образования. 2019. № 6 (42). С. 128–141. DOI: 10.32744/pse.2019.6.11.
23. Таймасова Э. В., Яицкий А. С. Оценка уровня развития естественно-научной грамотности учащихся средней общеобразовательной школы пгт. Мирный Красноярского района Самарской области // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. № 1. С. 323–327.
24. PISA (Международная программа по оценке образовательных достижений учащихся). URL: <https://fioco.ru/pisa>.
25. Федеральный институт оценки качества образования. URL: <https://fioco.ru/>.
26. ФГОС СОО. URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-soo/>.
27. Coppi M., Fialho I., Cid M. Scientific literacy assessment instruments: a systematic literature review // Educação Em Revista. 2023. Vol. 39. DOI: 10.1590/0102-4698237523-T.
28. Istyadji M. et al. Conception of scientific literacy in the development of scientific literacy assessment tools: A systematic theoretical review // Journal of Turkish Science Education. 2023. Vol. 20. № 2. Pp. 281–308.
29. Learning Science // Education Testing Service. Princeton, 1992.
30. Laugksch R. C. Scientific Literacy: A Conceptual Overview // Science Education. 2000. Vol. 84 (1). DOI: 10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:13.0.CO;2-C.
31. Rüdiger C. Laugksch Scientific Literacy: A Conceptual Overview // Science Education. 2000. Vol. 84 (1). DOI: 10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:13.0.CO;2-C.
32. Santoso A. N., Sunarti T., Wasis W. Effectiveness of Contextual Phenomena-Based Learning to Improve Science Literacy // International Journal of Current Educational Research. 2024. Vol. 2(1). Pp. 17–26. DOI: 10.53621/ijocer.v2i1.205.
33. Saraswati Y., Indana S., Sudibyo E. Science literacy profile of junior high school students based on knowledge, competence, cognitive, and context aspects // IJORER: International Journal of Recent Educational Research. 2021. Vol. 2(3). Pp. 329–341. DOI: 10.46245/ijorer.v2i3.118.

Scientific literacy in physics teaching: problems of formation and diagnosis

Saurov Yuri Arkadyevich¹, Uvarova Marina Pavlovna²

¹Doctor of Pedagogical Sciences, professor, corresponding member of the Russian Academy of Education. ORCID: 0000-0002-8756-8103. Email: saurov-ya@yandex.ru

²PhD in Pedagogical Sciences, associate professor of the Department of Physics and Methods of Teaching Physics, Vyatka State University. Russia, Kirov. ORCID: 0000-0002-0058-8313. Email: mpozolotina@mail.ru

Abstract. The issue of developing scientific literacy at this stage of physical education development is justified from several points of view. Firstly, in the context of mass education and limited resources, mastering the language and technique of the subject (in many ways, mathematics) is very difficult. This leads to a lack of understanding of physical objects and phenomena, and as a consequence, a loss of motivation for learning. Secondly, the problem of content overload of schoolchildren remains quite relevant. Thirdly, undoubtedly, mastering scientific literacy is directly related to the formation of a physical worldview.

In these conditions, it is important to have tools for objective diagnostics of the level of knowledge, skills and worldview of students, which means having the opportunity, taking into account the data obtained, to adjust the educational process in time, including from the point of view of developing students' natural science literacy.

The purpose of this study: on the basis of scientific, methodological and experimental research, to determine the main content and methods of diagnosing students' natural science literacy, empirically substantiate the validity of the proposed approaches, and provide recommendations for organizing the educational process at school and its assessment.

Analysis of the results of the study in various aspects showed that, for a number of reasons, lyceum students have better results in all respects than students in comprehensive schools. However, students of all institutions experience difficulties in completing tasks related to the group of skills for constructing and using models of objects and phenomena. This means that there are persistent problems with the formation of symbolic thinking, and, consequently, with mathematical and natural science literacy of students.

The problems of further continuation of project activities for mastering scientific literacy of schoolchildren are identified: constructing tests and/or tests for different content of subject activities, understanding experimental data and correcting the methods of formation, including the causes of difficulties of schoolchildren.

Keywords: worldview, scientific literacy, core content of physical education, organization of educational activities, methods and techniques for diagnosing scientific literacy.

References

1. Aleksashina I. Yu., Petrova E. B., Korolev M. Yu. et al. *Vozmozhno li reshenie problemy estestvenno-nauchnoy gramotnosti naseleniya Rossii?* [Is it possible to solve the problem of scientific literacy of the Russian population?] // *Fizicheskoe obrazovanie v VUZakh* – Physical Education in Universities. 2016. Vol. 22, No. 3. Pp. 5–10.
2. Demidova M. Yu., Gribov V. A. *Metodicheskie rekomendatsii dlya uchiteley, podgotovlennyye na osnove analiza tipichnykh oshibok uchastnikov EGE 2024 goda po fizike* [Methodological recommendations for teachers based on the analysis of typical mistakes of participants in the Unified State Exam 2024 in physics]. M., 2024. 35 p.
3. Kokhanov K. A., Saurov Yu. A. *Problema zadaniya i formirovaniya sovremennoy kultury fizicheskogo myshleniya: monografiya* [The problem of setting and forming a modern culture of physical thinking: monograph]. Kirov, Staraya Vyatka, 2013. 232 p.
4. Mayer V. V., Saurov Yu. A. *Eksperimentiruyushchee myshlenie v metodike obucheniya fizike* [Experimental thinking in the methodology of teaching physics] // *Fizika v shkole* – Physics at School. 2018. No. 7. Pp. 3–11.
5. *Metodicheskie rekomendatsii po formirovaniyu i otsenke funktsional'noy gramotnosti obuchayushchikhsya: sbornik metodicheskikh rekomendatsiy* [Methodological recommendations for the formation and assessment of students' functional literacy: collection of methodological recommendations] / comp. by O. N. Bershanskaya, T. Yu. Eryomina, G. A. Kobeleva, N. V. Nosova, S. A. Okuneva, A. V. Ryattel'. Kirov, KOGAU DPO "IRO Kirovskoy oblasti", 2022. 135 p.
6. Mikhaylova A. A. *Monitoring formirovaniya funktsional'noy gramotnosti obuchayushchikhsya srednego zvena* [Monitoring the formation of functional literacy of middle school students] // *Vestnik nauki* – Science Herald. 2023. Vol. 3, No. 5 (62). Pp. 287–290.
7. Multanovskiy V. V. *Fizicheskie vzaimodeystviya i kartina mira v shkol'nom kurse* [Physical interactions and the picture of the world in the school course]. M., Prosveshchenie, 1977. 168 p.
8. Pentin A. Yu., Nikishova E. A., Nikiforov G. G. *Osnovnye podkhody k otsenke estestvenno-nauchnoy gramotnosti uchashchikhsya osnovnoy shkoly* [Main approaches to the assessment of scientific literacy of secondary school students]. Available at: http://school43.spb.ru/files/en-gram_podhod.pdf.
9. Orlov V. A., Saurov Yu. A. *Praktika resheniya fizicheskikh zadach: 10–11 klass : ucheb. posobie dlya uchashchikhsya obshcheobrazovat. uchrezhdeniy* [Practice of solving physics problems: grades 10–11 : textbook for students of general education institutions]. M., Ventana-Graf, 2015. 272 p.
10. Razumovskiy V. G. *Problema obshchego obrazovaniya shkol'nikov i kachestvo obucheniya fizike* [The problem of general education of schoolchildren and the quality of teaching physics] // *Pedagogika* – Pedagogy. 2000. No. 8. Pp. 12–16.
11. Razumovskiy V. G. *Problemy teorii i praktiki shkol'nogo fizicheskogo obrazovaniya : izbrannyye nauchnye stat'i* [Problems of theory and practice of school physical education : selected scientific articles]. M., Izdatel'stvo RAO, 2016. 196 p.
12. Razumovskiy V. G., Orlov V. A., Nikiforov G. G. i dr. *Fizika : ucheb. dlya uchashchikhsya 11 klassa obshcheobrazovat. uchrezhdeniy* [Physics : textbook for students of grade 11 of general education institutions] / V. G. Razumovskiy, V. A. Orlov, G. G. Nikiforov, V. V. Mayer, Yu. A. Saurov, E. K. Straut. Part 2. M., VLADOS, 2011. 359 p.
13. Saurov Yu. A. *Nauchnoe tvorchestvo professora V. V. Multanovskogo. O lichnosti v obrazovanii : monografiya* [The scientific creativity of Professor V. V. Multanovsky. On personality in education : monograph]. Kirov, O-Kratkoe, 2015. 256 p.
14. Saurov Yu. A. *Voprosy metodologii i sodержanie fizicheskogo smysla v obuchenii* [Questions of methodology and the content of physical meaning in teaching] // *Uchebnaya fizika* – Educational Physics. 2018. No. 2. Pp. 47–63.
15. Saurov Yu. A., Kokhanov K. A. *Osvoyeniye granits primenimosti znaniy pri izuchenii kvantovoy fiziki* [Mastering the boundaries of applicability of knowledge in the study of quantum physics] // *Fizika v shkole* – Physics at School. 2019. No. 6. Pp. 19–27.
16. Saurov Yu. A., Multanovskiy V. V. *Kvantovaya fizika: modeli urokov* [Quantum physics: lesson models]. M., Prosveshchenie, 1996. 272 p.

17. Saurov Yu. A. *Fizika. Pourochnye razrabotki. 11 klass. 5-e izd., pererab.* [Physics. Lesson plans. Grade 11. 5th ed., revised]. M., Prosveshchenie, 2022. 274 p.
18. Saurov Yu. A. *Printsip tsiklichnosti v metodike obucheniya fizike: istoriko-metodologicheskii analiz: monografiya* [The principle of cyclicity in the methodology of teaching physics: historical and methodological analysis: monograph]. Kirov, Izdatel'stvo KIPK i PRO, 2008. 224 p.
19. Saurov Yu. A. *Modeli i modelirovanie v metodike obucheniya fizike: logiko-metodologicheskie poiski : monografiya* [Models and modeling in the methodology of teaching physics: logical and methodological searches : monograph]. Kirov, Raduga-PRESS, 2016. 216 p.
20. Saurov Yu. A. *Postroenie postneklassicheskoy metodiki obucheniya fizike: metodologicheskii i metodicheskii sintez : monografiya* [Building a post-nonclassical methodology of teaching physics: methodological and methodical synthesis : monograph]. Kirov, Raduga-PRESS, 2022. 212 p.
21. Saurov Yu. A., Uvarova M. P. *Problema diagnostiki fizicheskogo myshleniya v obuchenii* [The problem of diagnosing physical thinking in teaching] // *Perspektivy nauki i obrazovaniya – Perspectives of Science and Education*. 2022. No. 5. Pp. 233–246. DOI: 10.32744/pse.2022.5.14.
22. Saurov Yu. A., Uvarova M. P., Perevoshchikov D. V. *Ob issledovanii osvoeniya granits primenimosti fizicheskikh ponyatiy, printsiptov, modeley i zakonov* [On the study of mastering the boundaries of applicability of physical concepts, principles, models and laws] // *Perspektivy nauki i obrazovaniya – Perspectives of Science and Education*. 2019. No. 6 (42). Pp. 128–141. DOI: 10.32744/pse.2019.6.11.
23. Taimasova E. V., Yaitskiy A. S. *Otsenka urovnya razvitiya estestvenno-nauchnoy gramotnosti uchashchikhsya sredney obshcheobrazovatel'noy shkoly pgt. Mirnyy Krasnoyarskogo rayona Samarskoy oblasti* [Assessment of the level of scientific literacy development of students of the secondary general education school of the urban-type settlement Mirny, Krasnoyarsk district, Samara region] // *Vestnik nauki i praktiki – Herald of Science and Practice*. 2023. Vol. 9, No. 1. Pp. 323–327.
24. PISA (*Mezhdunarodnaya programma po otsenke obrazovatel'nykh dostizheniy uchashchikhsya*) [PISA (Programme for International Student Assessment)]. Available at: <https://fioco.ru/pisa>.
25. *Federal'nyy institut otsenki kachestva obrazovaniya* [Federal Institute for Education Quality Assessment]. Available at: <https://fioco.ru/>.
26. *FGOS SOO* [Federal State Educational Standard for Secondary General Education]. Available at: <https://fgos.ru/fgos/fgos-soo/>.
27. Coppi M., Fialho I., Cid M. Scientific literacy assessment instruments: a systematic literature review // *Educação Em Revista*. 2023. Vol. 39. DOI: 10.1590/0102-4698237523-T.
28. Istyadi M. et al. Conception of scientific literacy in the development of scientific literacy assessment tools: A systematic theoretical review // *Journal of Turkish Science Education*. 2023. Vol. 20. No. 2. Pp. 281–308.
29. Learning Science // Education Testing Service. Princeton, 1992.
30. Laugksch R. C. Scientific Literacy: A Conceptual Overview // *Science Education*. 2000. Vol. 84 (1). DOI: 10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:13.0.CO;2-C.
31. Rüdiger C. Laugksch Scientific Literacy: A Conceptual Overview // *Science Education*. 2000. Vol. 84 (1). DOI: 10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:13.0.CO;2-C.
32. Santoso A. N., Sunarti T., Wasis W. Effectiveness of Contextual Phenomena-Based Learning to Improve Science Literacy // *International Journal of Current Educational Research*. 2024. Vol. 2(1). Pp. 17–26. DOI: 10.53621/ijocer.v2i1.205.
33. Saraswati Y., Indana S., Sudibyo E. Science literacy profile of junior high school students based on knowledge, competence, cognitive, and context aspects // *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*. 2021. Vol. 2(3). Pp. 329–341. DOI: 10.46245/ijorer.v2i3.118.

Поступила в редакцию: 02.04.2025

Принята к публикации: 20.05.2025