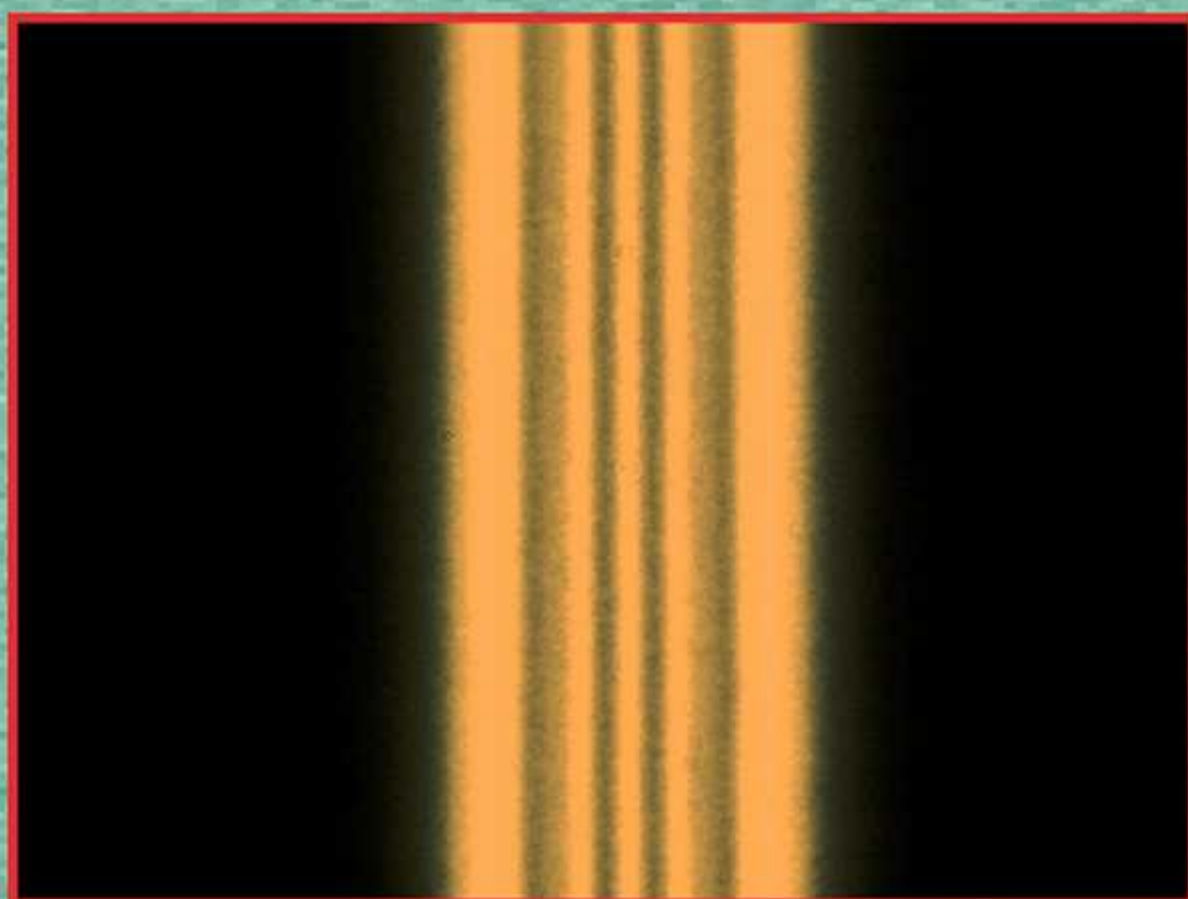
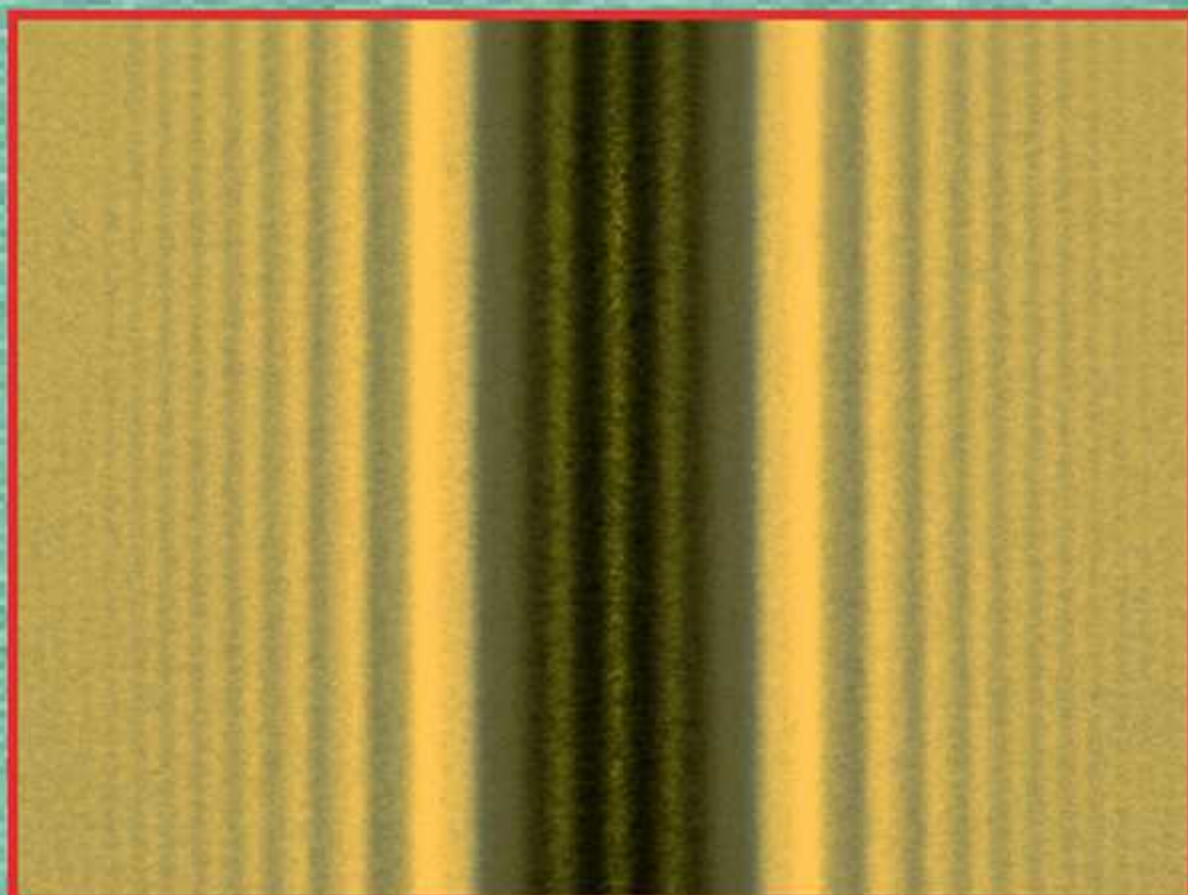


ISSN 2307-5457

# УЧЕБНАЯ ФИЗИКА



**3**  
**2021**



УДК 372.853

Е. И. Вараксина

## УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В СОВРЕМЕННОМ ШКОЛЬНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Приведены результаты констатирующего педагогического эксперимента, направленного на выявление проблем использования учебных опытов в обучении физике в школе.

*Ключевые слова:* учитель физики, выпускник школы, школьный физический кабинет, учебное оборудование, знание эксперимента.

Проблема учебного физического эксперимента в современном школьном образовании констатируется во многих исследованиях. Конкретные факты выявляются при анализе результатов международных исследований научной грамотности, единого государственного экзамена и других контрольных мероприятий, направленных на оценку и сравнение уровня знаний, умений и компетенций выпускников школы, сформированных при изучении физики. Ученые приходят к выводам об отставании российских школьников в умениях применять теоретические знания на практике и рассуждать (В. Г. Разумовский, М. Ю. Демидова). Обсуждая результаты международных исследований научной грамотности, В. Г. Разумовский пишет: «Основная трудность для наших школьников состоит в их неспособности идентифицировать наблюдения явлений с научной теорией и теории с практикой. Этому в школах учат плохо» [1]. Обнаруживается «резкое расслоение школ и учащихся по качеству знаний»: учащиеся «элитных» школ показывают высокие результаты, а учащиеся массовой школы (96% всех школьников) — чрезвычайно низкие, в то время как «по результатам международных исследований 1991 г. ученики массовой школы СССР входили в первую группу стран» [2, с. 16–17]. Выявленные проблемы подготовки выпускников объясняют недостаточным использованием эксперимента в обучении физике. Например, в работах, посвященных итогам ГИА и ЕГЭ, отмечается низкий уровень знаний и умений по темам школьного курса, плохо обеспеченным учебным экспериментом [3–7].

Задачей проведенного нами констатирующего педагогического эксперимента является установление частных фактов, свидетельствующих об уровне экспериментальной деятельности учащихся

массовой школы, которые не готовятся целенаправленно к сдаче ЕГЭ по физике.

**1. Учебный физический эксперимент в средней школе.** Ежегодно, начиная с 2013 года, на курсах повышения квалификации учителей физики, мы проводим наблюдения, беседы и анкетирование с целью установления конкретных фактов, характеризующих проблему применения учебного физического эксперимента в средней школе.

В анкетировании, результаты которого здесь представлены, приняли участие 32 учителя физики. Им было предложено ответить на ряд вопросов: 1) Какова доля уроков физики, проводимых с использованием учебного физического эксперимента? 2) Сколько ученических проектов выполнено с использованием физических опытов? 3) Какое количество новых для учителя учебных опытов освоено в течение прошедшего года? 4) Какие направления совершенствования экспериментальной компетенции желательны? 5) В чем состоят основные трудности использования эксперимента при обучении физике? Большинство опрошенных (72%) указали долю уроков с использованием эксперимента: в среднем этот параметр составил 40%. Половина респондентов не смогла вспомнить освоенные за последний год новые опыты. Главная трудность в использовании учебного физического эксперимента на школьных уроках, по мнению опрошенных учителей, состоит в отсутствии, неисправности и ненадежности оборудования (рис. 1).

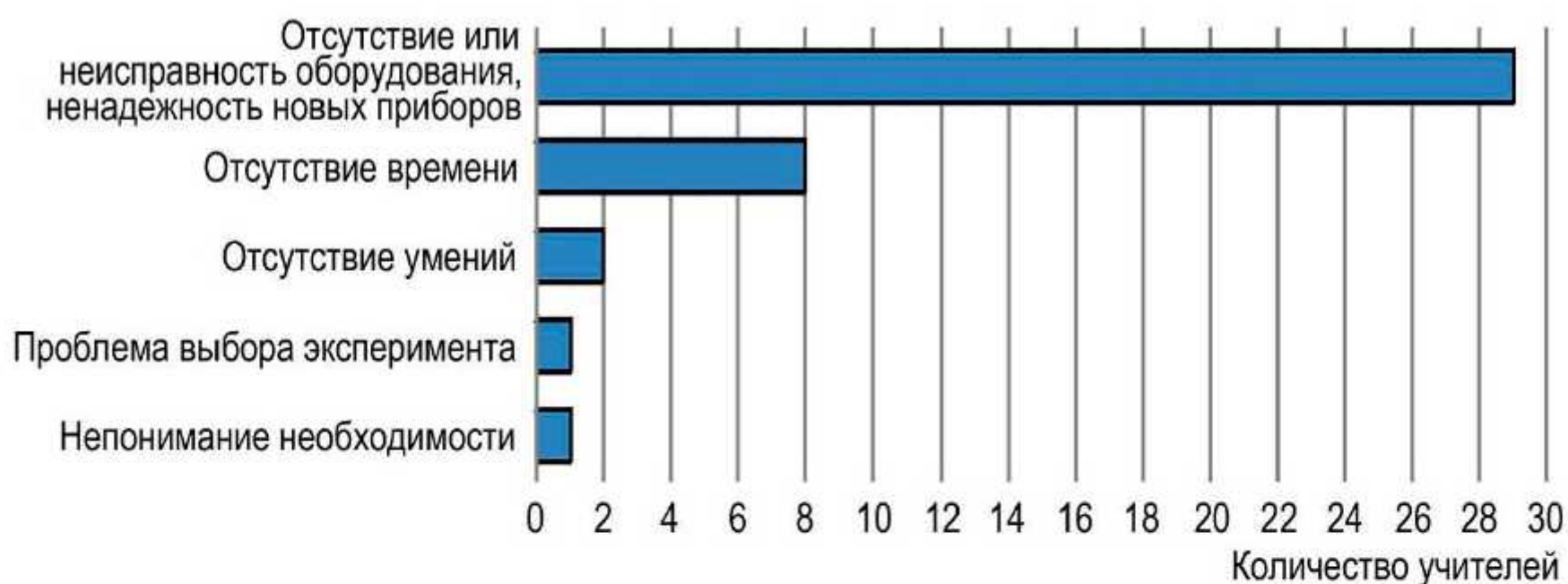


Рис. 1. Названные учителями физики трудности использования учебного физического эксперимента

Проблема обеспеченности школьных кабинетов учебным физическим оборудованием была исследована нами методами анкетирования слушателей курсов повышения квалификации и анализа сведений об оснащённости кабинетов физики учебным оборудованием. В этом исследовании активное участие приняли начинающие учителя физики, обучающиеся в магистратуре и одновременно работающие в школе.

Таблица 1

## Результаты анкетирования учителей физики

Школьные физические приборы по электродинамике		Процент школ, оснащенных исправным прибором
<b>Источники питания</b>		
1	Электрофорная машина	70
2	Высоковольтный источник напряжения	30
3	Блок питания ВС-24	40
4	Блок питания ВУП-2	40
5	Регулятор напряжения школьный (РНШ)	60
6	Генератор звуковой частоты	70
7	Лабораторный источник питания 4 В	70 (несколько приборов)
<b>Измерительные приборы</b>		
8	Электромметр	100 (2–6 приборов)
9	Демонстрационный амперметр магнито-электрической системы	90 (1–2 прибора)
10	Демонстрационный вольтметр магнито-электрической системы	90 (1–2 прибора)
11	Мультиметр	40
12	Лабораторный амперметр	100 (несколько приборов)
13	Лабораторный вольтметр	100 (несколько приборов)
<b>Комплекты приборов</b>		
14	Комплект <i>L-micro</i> «Постоянный ток»	0
15	Комплект <i>L-micro</i> «Полупроводниковые приборы»	0
16	Комплект <i>L-micro</i> «Переменный ток»	0
17	Трансформатор разборный	100
18	Комплект приборов для изучения электромагнитных волн	30
<b>Приборы</b>		
19	Разборный конденсатор	60
20	Реостат	100 (несколько приборов)
21	Магазин сопротивлений 1–5 Ом (закон Ома)	70
22	Модель электродвигателя	90 (несколько приборов)
23	Прибор для демонстрации правила Ленца	100

Одной из групп слушателей курсов повышения квалификации (7 учителей, преподающих физику в сельских школах) было предложено отметить в представленном списке имеющиеся в школе приборы по электродинамике и указать факт их исправности. Полученные результаты приведены в табл. 1. Для опроса мы выбрали

основное оборудование, которое может быть использовано в разных темах электродинамики совместно с другими приборами или самодельными элементами экспериментальных установок.

Обучающиеся магистратуры провели анализ обеспеченности приборами: курса физики 7 класса (две сельские школы) и электродинамики (школа одного из административных центров Удмуртской Республики) и выявили достаточную обеспеченность учебным оборудованием.

Назовем еще несколько частных фактов. В группе из 16 слушателей курсов повышения квалификации учителей демонстрировалась система опытов по электромагнитной индукции и самоиндукции. В ходе устного опроса выяснилось, что только один человек из присутствующих демонстрирует явление электромагнитной индукции с использованием двух катушек на одном сердечнике, остальные респонденты ограничиваются опытом по движению магнита относительно катушки, соединенной с гальванометром. В большинстве школ имеющиеся стальные магниты размагничены, что делает неубедительной демонстрацию правила Ленца с помощью известного прибора, состоящего из сплошного и разрезанного алюминиевых колец. Лишь немногие учителя из опрошенных демонстрируют на уроках традиционный опыт по самоиндукции (запаздывание зажигания лампы, включенной последовательно с катушкой). Эти и другие факты свидетельствуют, что проблема отсутствия учебного оборудования в школьном кабинете физики не является ключевой. В значительной степени проявляются факты неправильного хранения и разукомплектованности, не позволяющие быстро подготовить опыт к уроку, а также проблемы морального устаревания приборов и самого физического кабинета.

Многолетние целенаправленные наблюдения показывают затруднения учителей при демонстрации и объяснении явлений электростатики в простых опытах: электризация влиянием, электростатическая индукция при зарядке двух соединенных проводником электрометров, определение знака заряда электрометра, электростатический маятник, электрофор и т. д. Без понимания сущности основных явлений электростатики знания школьниками физических законов, формул, определений и умения решать физические задачи становятся формальными.

Таким образом, проведенное исследование на качественном уровне подтвердило предположение, что даже при наличии необходимого учебного оборудования физический эксперимент в школьном курсе используется недостаточно. При этом наблюдаются отсутствие действенного интереса учителей к демонстрации натуральных опытов на уроках и недооценка значимости учебного эксперимента для формирования физического мышления обучающихся.

**2. Физический эксперимент в знаниях выпускников школы.** Наблюдения и анализ учебной деятельности студентов первого курса педагогического вуза показали, что многие из них испытывают трудности при использовании изученных в школе физических понятий. Студентам сложно составить и пересказать связный текст о физическом явлении, дать развернутое описание и объяснение опыта, использовать фундаментальные понятия, например, такие, как волна, электрический ток, относительность, интерференция и дифракция. Мы предположили, что причина этого заключается в отсутствии у обучающихся образов физических явлений [8–10], формирующих фундаментальные понятия, определяющие научную картину мира современного человека. Для проверки сделанного предположения был разработан и проведен специальный педагогический эксперимент. Задача эксперимента заключалась в установлении связи физического понятия, относящегося к определенному явлению, с наглядным образом учебного эксперимента, доказывающего факт существования этого явления.

Знания выпускников школы по экспериментальному обоснованию теоретических моделей школьного курса физики проверялись методом анкетирования студентов первого курса педагогического вуза, обучающихся по программам бакалавриата: Физика и Информатика (5 человек); Математика и Робототехника (9 человек); Математика и Информатика (17 человек); История и Организация проектного обучения (14 человек); Иностранные языки (английский и немецкий языки) (20 человек); Удмуртский язык и Английский язык (9 человек). Всего в анкетировании приняли участие 74 человека, из которых 68 — выпускники отечественных школ. Эта выборка испытуемых является репрезентативной, так как охватывает всех студентов, которые для поступления в педагогический вуз не сдавали ЕГЭ по физике.

Анкета состояла из двух частей: в первой представлен список из 26 названий общеизвестных опытов (рис. 2), во второй даны рисунки (графические и фотографические иллюстрации) 13 опытов (рис. 3), выбранных из этого списка. Иллюстрации сделаны для наиболее простых опытов, в которых применяются узнаваемые физические приборы и установки или наглядно демонстрируются подробно изучаемые в школе явления. В разработанном тесте использованы иллюстрации школьных учебников, рисунки пособий по учебному физическому эксперименту и авторские фотографии нескольких демонстрационных опытов. Перечислим эти 13 опытов: 1) механическое движение тележки на магнитной подушке в комплекте приборов по механике *L-micro*; 2) демонстрация атмосферного давления посредством фонтана в колбе; 3) демонстрация закона Архимеда с помощью отливного сосуда; 4) изучение акустического резонанса посредством камертона, легкого шарика и дина-

Дата \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ ФИО \_\_\_\_\_

### ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ ПО ФИЗИКЕ

**Задание 1.** Поставьте знаки «+» в пустую колонку таблицы возле названий тех опытов, которые Вы видели на уроках физики в школе.

Таблица

№	Название опыта	Расширенный список опытов
1	Механическое движение.	
2	Движение по окружности.	
3	Колебания нитяного маятника.	
4	Колебания пружинного маятника.	
5	Закон Архимеда.	
6	Поверхностное натяжение жидкости.	
7	Волны на поверхности воды.	
8	Кипение.	
9	Атмосферное давление.	
10	Расширение тела при нагревании.	
11	Уменьшение внутренней энергии газа при совершении работы.	
12	Излучение электромагнитных волн.	
13	Акустический (звуковой) резонанс.	
14	Излучение звука колеблющимся телом.	
15	Взаимодействие заряженных тел.	
16	Электростатическая индукция.	
17	Емкость плоского конденсатора.	
18	Электризация диэлектриков.	
19	Нагревание проводника при прохождении электрического тока.	
20	Закон Ома.	
21	Притяжение магнита к катушке с током.	
22	Визуализация магнитного поля железными опилками.	
23	Электромагнитная индукция.	
24	Отражение и преломление света.	
25	Поляризация света.	
26	Интерференция света.	

**Задание 2.** Для каждого опыта, изображенного ниже, выберите из таблицы одно название и запишите его номер в первую рамку возле изображения опыта.

**Задание 3.** Поставьте знак «+» во вторую рамку возле изображения того опыта, который Вы видели на уроках физики в школе.

Рис. 2. Первая часть анкеты для оценки знания выпускниками школы учебного физического эксперимента

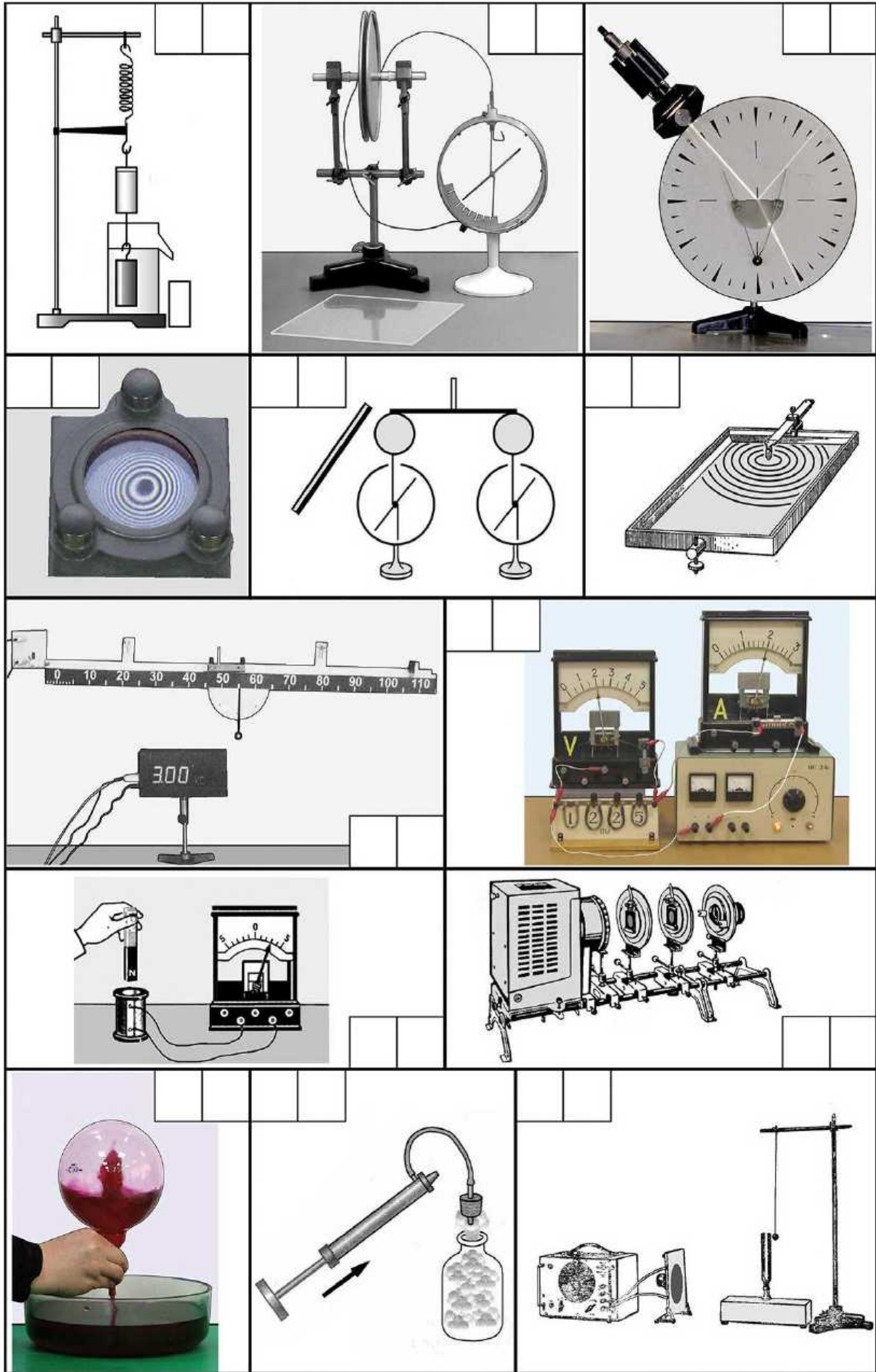


Рис. 3. Вторая часть анкеты для оценки знания выпускниками школы учебного эксперимента. Используются авторские графические и фотографические иллюстрации (нумерация слева направо и сверху вниз: 2, 3, 4, 7, 8, 11), а также рисунки из учебников и пособий по демонстрационному эксперименту [11–17]



мика, подключенного к генератору звуковой частоты; 5) уменьшение внутренней энергии газа при совершении работы: туман в бутылке; 6) демонстрация электростатической индукции с помощью двух электрометров и проводника на изолирующей ручке; 7) изучение емкости плоского конденсатора посредством демонстрационного электрометра; 8) демонстрация закона Ома с помощью амперметра и вольтметра; 9) электромагнитная индукция при движении магнита относительно катушки, соединенной с гальванометром; 10) отражение и преломление света на стеклянном полуцилиндре с использованием оптической шайбы; 11) волны на воде в волновой ванне; 12) наблюдение интерференции света в форме колец Ньютона; 13) демонстрация поляризации света с помощью двух поляроидов и проекционного аппарата. Большинству этих опытов уделяется внимание в школьных учебниках.

При анкетировании испытуемые должны были в течение 20 минут выполнить три задания: 1) в расширенном списке опытов (рис. 2) обозначить те, которые они реально видели на школьных уроках; 2) на рисунках второй части анкеты (рис. 3) указать номер правильного названия опыта из расширенного списка опытов, представленного в первой части; 3) там же отметить рисунки опытов, которые они наблюдали на уроках физики.

Рассмотрим результаты педагогического эксперимента, условия которого подробно описаны выше. Первое задание показало, что из 26 простых и общеизвестных демонстрационных экспериментов студенты на школьных уроках наблюдали в среднем 8,8 физических опытов.

На диаграмме рис. 4 показаны результаты выполнения второго задания. По горизонтальной оси отложено количество опытов, которые студенты назвали правильно, по вертикальной — соответствующее количество студентов. На одного студента в среднем приходится 4,2 опыта с правильно выбранными названиями. Ни один студент не узнал 9, 10, 11, 12 или все 13 опытов.

На рис. 5–10 конкретизированы результаты анкетирования по каждому опыту, а именно: 1) приведен рисунок опыта; 2) дана диаграмма, в которой указаны количества студентов, выбравших правильное название опыта и наблюдавших этот опыт на уроках; 3) перечислены все данные студентами названия опыта, и выделено правильное название. Таким образом, на этих рисунках представлены результаты выполнения второго и третьего заданий.

Факт правильного выбора названия для изображенного на рисунке опыта свидетельствует о наличии мысленного образа физического явления, об узнавании соответствующих физических понятий, то есть о более высоком уровне результатов изучения физики в школе. Логичным кажется следующее предположение: чем больше опытов студент указал среди наблюдаемых ранее на уроках

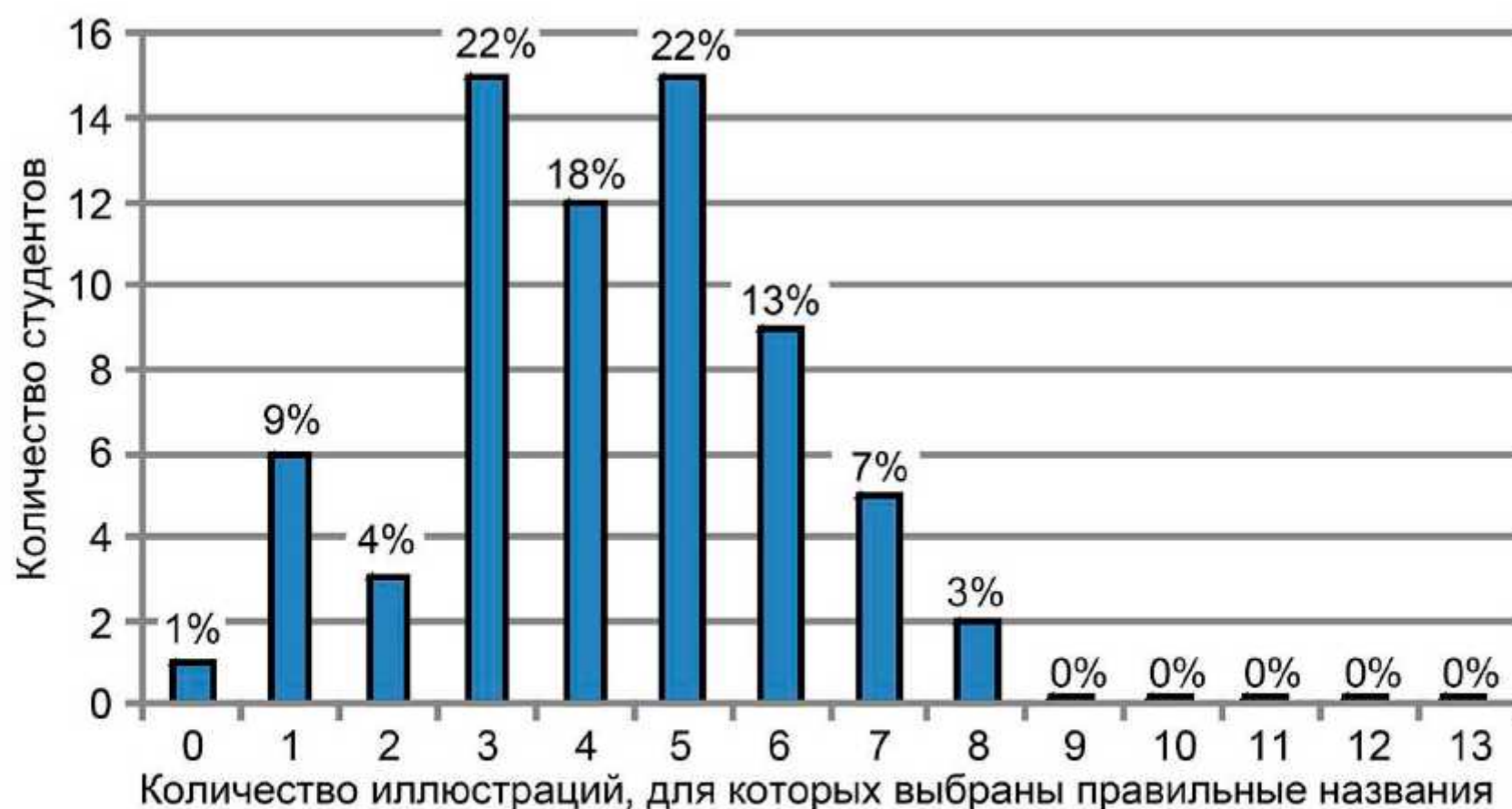


Рис. 4. Распределение студентов по числу опытов, для которых ими выбраны правильные названия

в школе, тем больше образов физических экспериментов у него сформировано правильно.

Коэффициент корреляции между количеством указанных названий опытов  $X$ , которые студент видел в школе, и числом рисунков  $Y$  опытов, для которых выбрано правильное название, определим по формуле [18]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (1)$$

где  $X_i$  — количество названий опытов (из 26 на рис. 2), которые  $i$ -й студент видел на уроках физики,  $Y_i$  — количество рисунков (из 13 на рис. 3), для которых  $i$ -й студент выбрал из предложенного списка правильное название,  $\bar{X} = 8,8$  и  $\bar{Y} = 4,2$  — средние значения величин  $X_i$  и  $Y_i$ ,  $n = 68$  — количество респондентов. Коэффициент корреляции между количеством названий опытов, которые студент выбрал из словесного списка как увиденные на уроке, и количеством правильно названных опытов, показанных на рисунках, составил 0,28. Это свидетельствует о том, что количество верно определенных иллюстраций опытов слабо коррелирует с количеством опытов, которые студент видел на уроках.

Таким образом, по словесной формулировке первокурснику сложно достоверно вспомнить, видел он этот опыт или нет. Следовательно, физические понятия плохо ассоциируются у студентов с

образами учебного физического эксперимента. Причина этого, возможно, в том, что демонстрация опытов не была доказательной.

Коэффициент корреляции между количеством *иллюстраций* опытов, для которых выбрано правильное название, и количеством иллюстраций, отмеченных как наблюдаемые ранее на уроках (среднее значение — 3,8), составил 0,14. Это значение свидетельствует о слабой корреляции величин: количество увиденных на уроках опытов слабо влияет на узнавание студентами условий экспериментов.

Мы полагаем, что студенты первого курса правильно узнают условия наблюдения явления в основном не потому, что наблюдали опыт на уроках, а благодаря теоретическому изучению явлений, иллюстрациям и тексту школьных учебников, рассказу учителя, личному житейскому опыту. То есть образы физических явлений сформировались не в процессе их экспериментального изучения.

Для обоснования этих выводов проанализируем, какие ассоциации возникли у студентов при анализе каждого из рисунков с изображением опыта. Сначала рассмотрим те, которые оказались знакомы студентам лучше всего.

Экспериментальную установку для обоснования закона Архимеда (рис. 5.1) узнали более половины студентов (62%). Большинство из них (43% от общего числа) указали, что видели этот эксперимент на уроках. Таким образом, чаще всего экспериментальное изучение закона Архимеда в школе выполняется. Эти данные согласуются с опросами учителей и нашими наблюдениями. Аналогичный вывод можно сделать относительно экспериментального изучения закона Ома (рис. 5.2) и электромагнитной индукции (рис. 5.3). Подобные результаты свидетельствуют о достоверности ответов студентов и валидности методики выяснения уровня экспериментального изучения физических явлений в школе посредством разработанной анкеты. Опросы учителей между тем показывают, что закон Ома в том виде, как он представлен на рис. 5.2, экспериментально изучается не часто. Мы полагаем, что студенты узнали амперметр и вольтметр, используемые в других опытах при изучении электрического тока, и сопоставили их с понятием закона Ома. При анализе рисунка, на котором показано изучение электромагнитной индукции (рис. 5.3), большинство студентов увидели, в первую очередь, магнит и катушку, а изучаемое явление определили неверно. Несомненно, они видели этот опыт в школе, но он, вероятно, имел иллюстративный характер. Интересно то, что почти все правильно узнавшие на рисунке исследование электромагнитной индукции (24%), указали, что видели опыт на уроках физики (22%).

Большое количество правильных ответов пришлось на изображения опытов, в которых изучаются электроемкость плоского конденсатора (рис. 6.1) и отражение и преломление света (рис. 6.2).

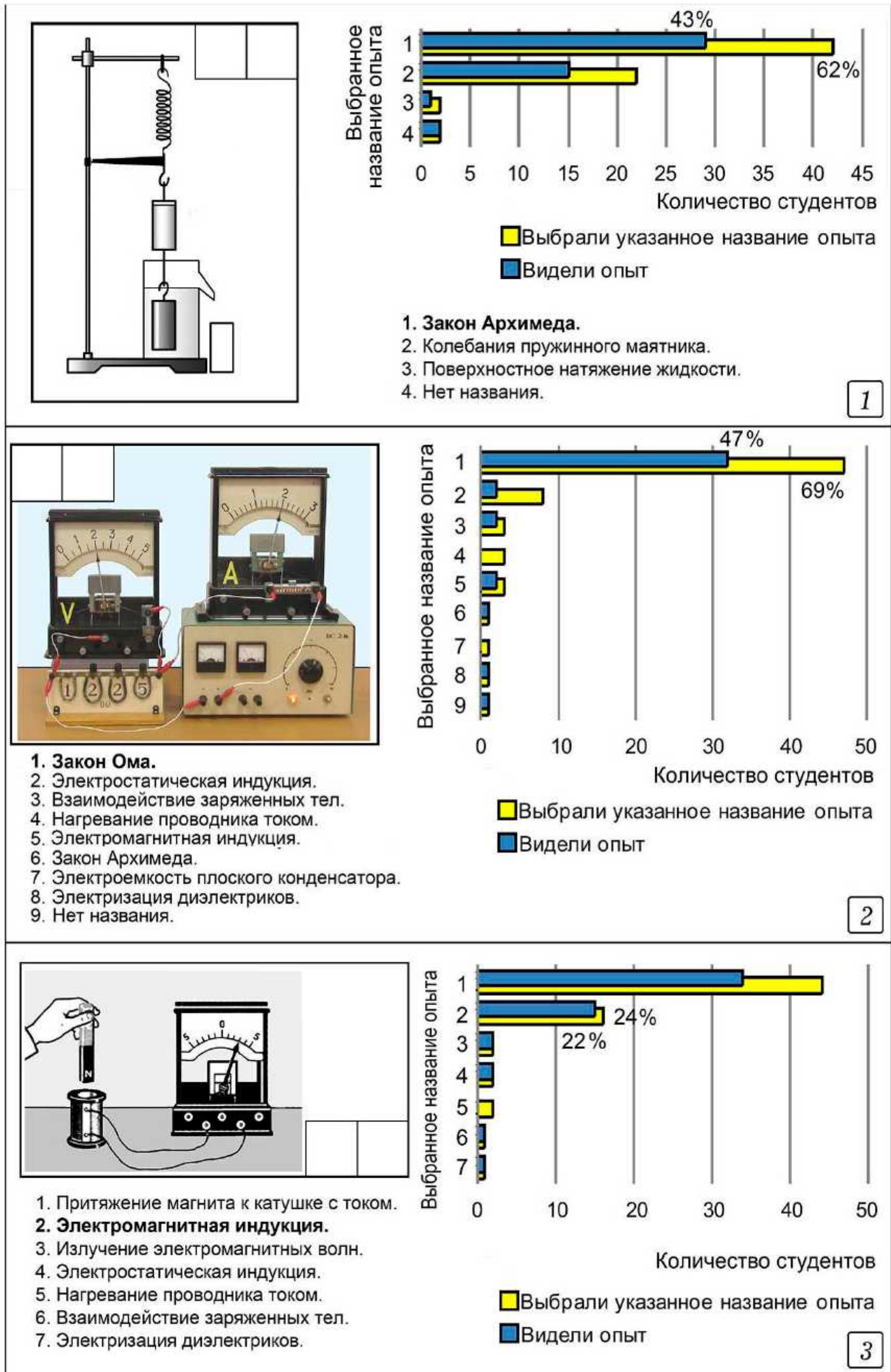


Рис. 5. Результаты анализа изображений опытов, выполненного студентами наиболее успешно

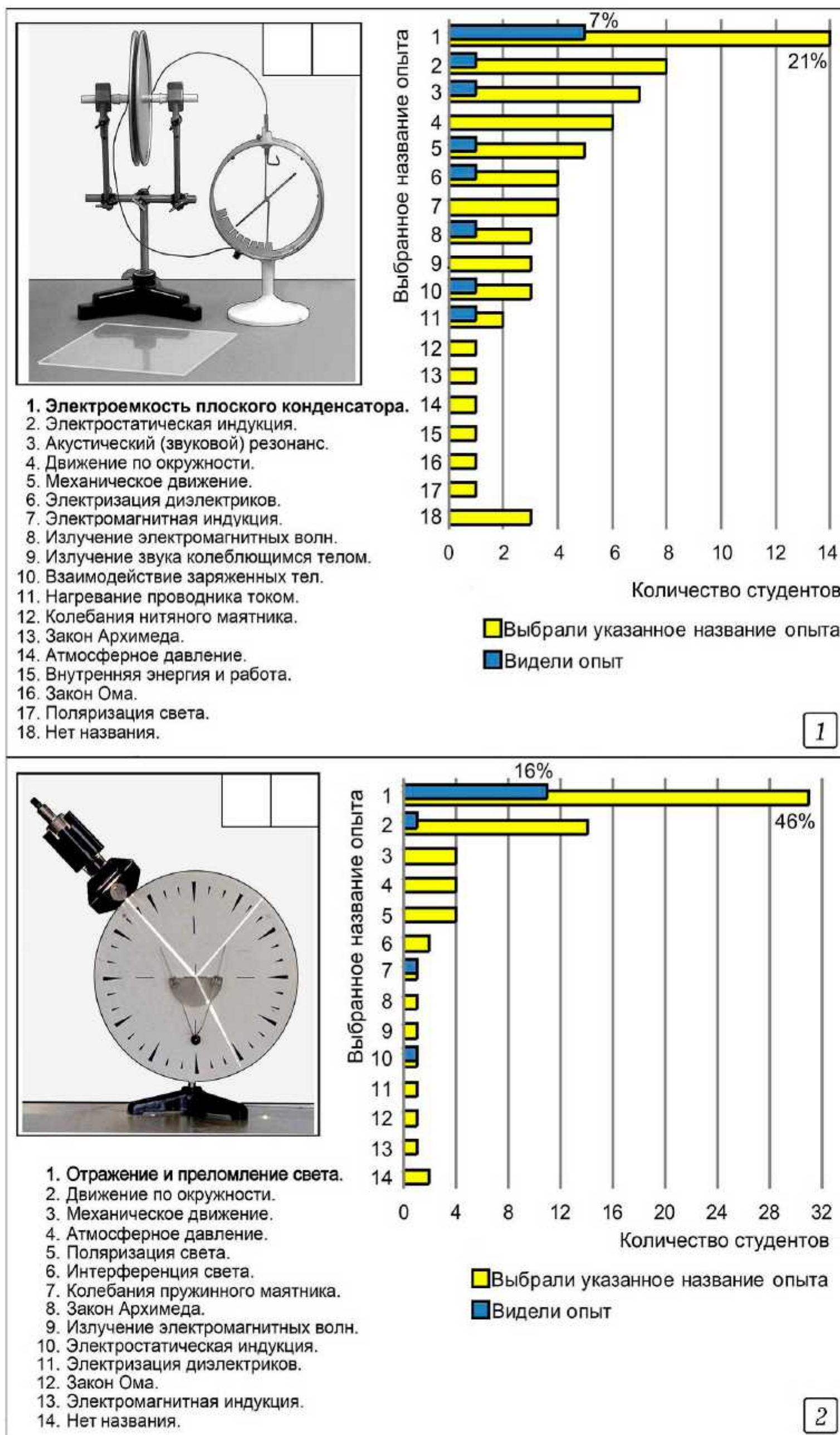


Рис. 6. Результаты анализа изображений опытов, на которых более половины респондентов не узнали плоский конденсатор, не увидели отражение и преломление света

Однако доля узнавших на рис. 6.1 плоский конденсатор составляет менее четверти от общего числа студентов. Удивляют результаты выбора названия опыта, показанного на рис. 6.2. Возможно, современные выпускники школы никогда не видели демонстрационного прибора «Оптическая шайба», который раньше назывался шайбой Гартля. Но на фотографии ясно видно, что из осветителя выходит узкий пучок света, который падает на плоскую границу раздела двух сред, частично отражается и частично преломляется на ней. Однако правильно указали на это явление менее половины всех испытуемых.

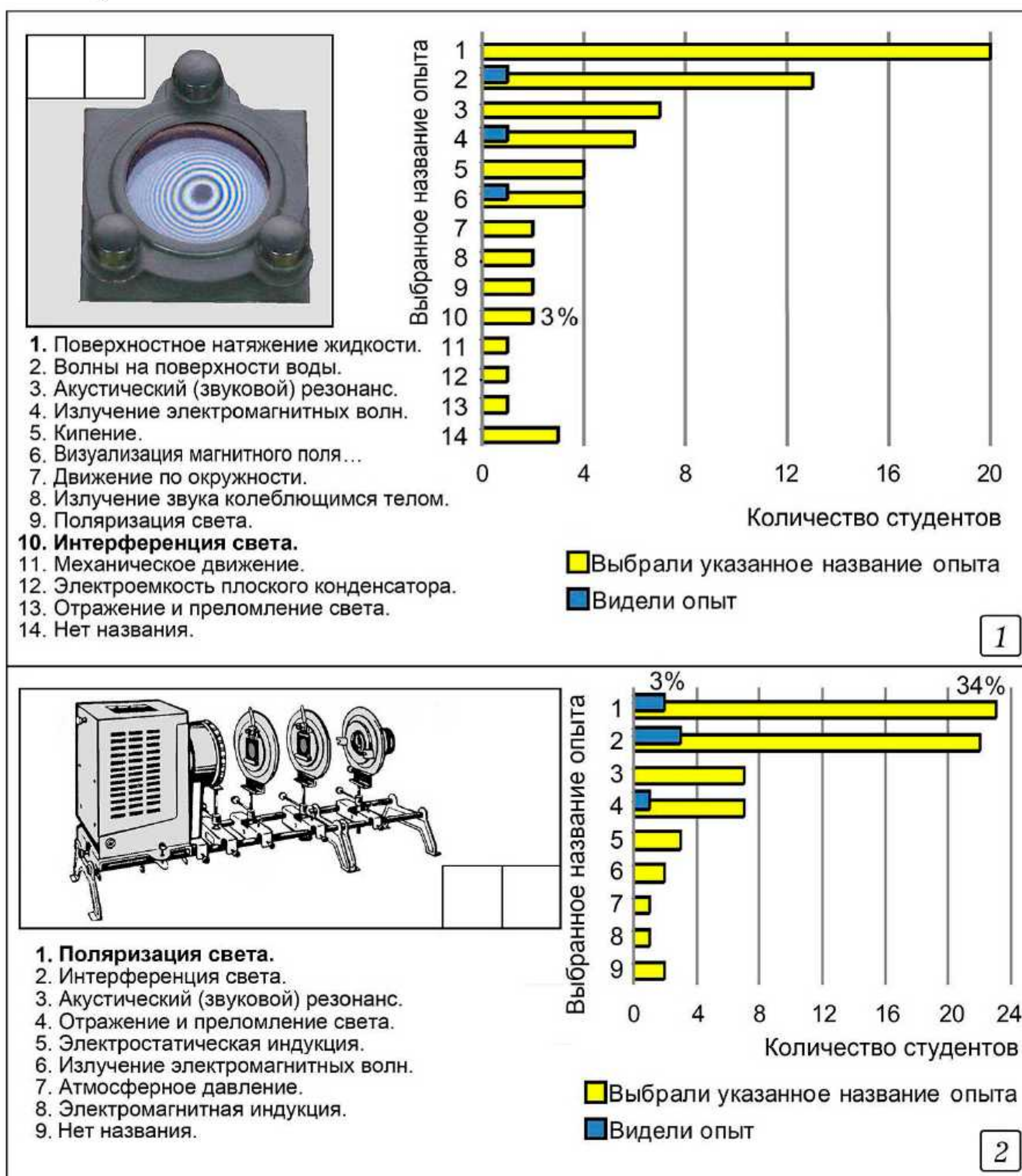


Рис. 7. Результаты анализа изображений опытов по волновой оптике, свидетельствующие о низком уровне экспериментального изучения этой темы

На рис. 7 показаны результаты анализа студентами рисунков, связанных с учебным экспериментом по волновой оптике, которая изучается во втором полугодии 11 класса. Только два студента узнали на рисунке с изображением прибора «Кольца Ньютона» опыт по изучению интерференции света (рис. 7.1). Половина студентов увидела на этом рисунке явления, связанные с волнами на воде, многие обнаружили взаимосвязь со звуковыми явлениями и излучением электромагнитных волн. Опыт по исследованию поляризации света узнала на рис. 7.2 треть испытуемых. Примерно столько же посчитали, что в этом опыте изучается интерференция света. В общей сложности более 70% студентов связали изображенную установку с явлениями оптики. Но вспомнили о соответствующих демонстрациях на уроке менее 10%. Указанное свидетельствует о низком уровне экспериментального изучения явлений волновой оптики в школе.

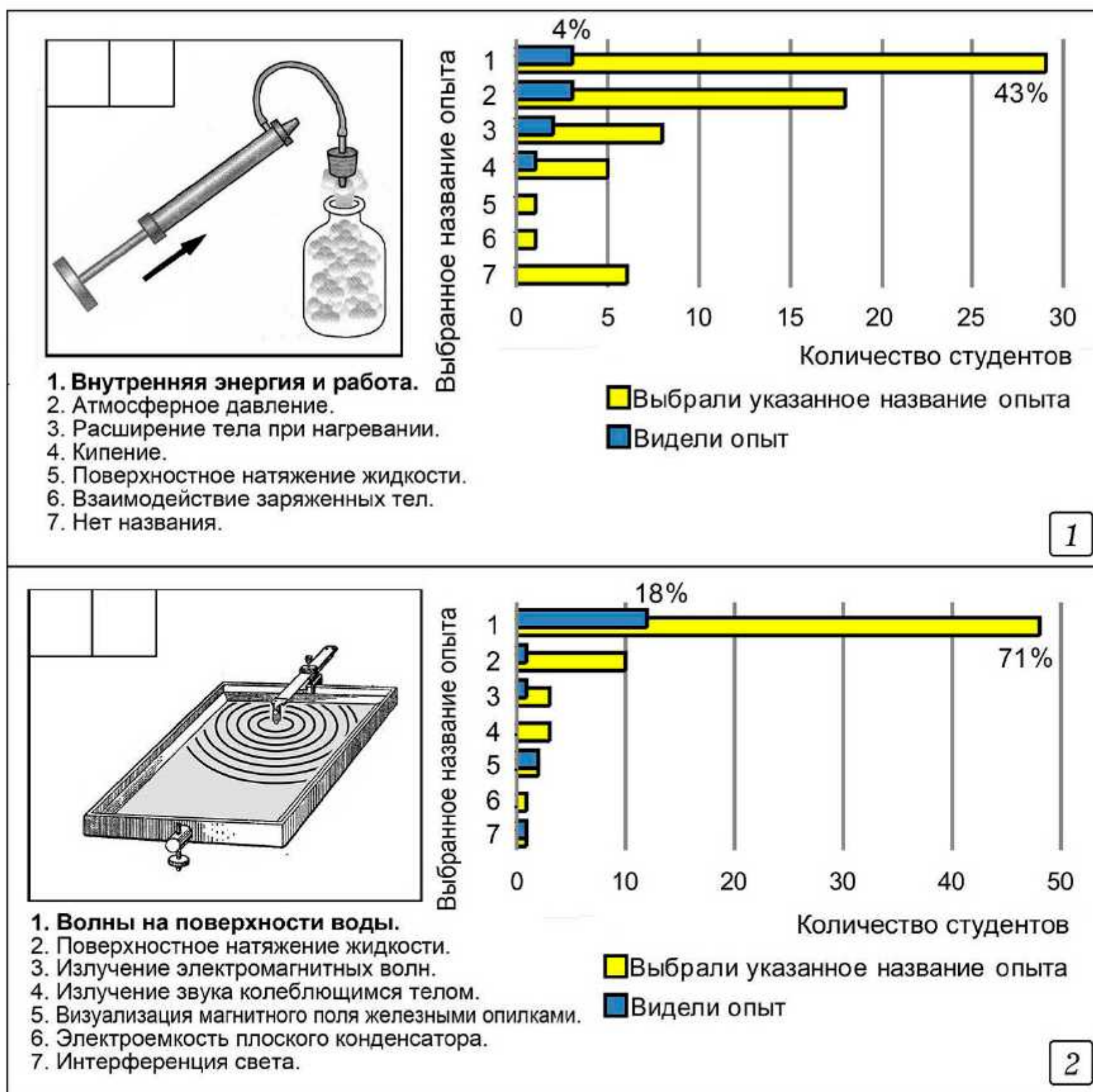


Рис. 8. Результаты анализа студентами изображений опытов, подобные которым приводятся в школьных учебниках

В показанных на рис. 8 опытах большинству студентов правильно удалось определить демонстрируемое явление. Почти половина студентов узнают на рис. 8.1 опыт по демонстрации уменьшения внутренней энергии газа при совершении работы. Но лишь десятая часть студентов вспоминает, что видела подобный опыт на уроке. Такой результат опять же согласуется с другими фактами: последующая реальная постановка и обсуждение этого опыта со студентами обнаруживает, что большинство из них действительно видят опыт впервые. По рис. 8.2 сложно не узнать волны на воде. Подобные рисунки студенты видели в школьных учебниках, волны на воде каждый наблюдает в повседневной жизни. Однако не более четверти студентов отметили, что видели опыт на уроках. Полагаем, что реальное количество школьников, видевших этот опыт, несколько меньше.

На рис. 9 приводятся результаты анализа изображений опытов, к которым большинство студентов хотя и не смогли точно выбрать правильное название, но распознали группу явлений, изучаемых в близких условиях. Например, результаты, показанные на рис. 9.1, свидетельствуют о знакомстве многих студентов с электрометром, понимании его назначения для исследования явлений электростатики. Однако количество студентов, вспомнивших показ электрометров на уроках, составляет только треть от общего количества. Почти половина студентов узнала условия демонстрации звуковых явлений на рис. 9.2. На рисунке приведены изображения динамика и камертона — вполне узнаваемых приборов для изучения акустики. Но примерно для трети студентов ближе оказался способный совершать колебания груз на нити.

Эффектный опыт для демонстрации атмосферного давления с помощью фонтана в колбе, из которой предварительно откачан воздух, узнали менее четверти студентов (рис. 10.1). Изображение опыта, показанного на рис. 10.2, включено в анкету с целью выяснения уровня экспериментального изучения явлений средствами современных комплектов оборудования. Испытуемые не смогли узнать на рисунке демонстрационную установку для изучения механического движения. Количество правильных ответов сравнимо с числами случайно выбранных названий. Этот результат вполне согласуется с опросами учителей, подавляющее большинство которых не имеет в своем распоряжении подобного оборудования. Между тем современные пособия по школьному эксперименту рассматривают подобную экспериментальную установку в качестве основной при изучении механики [16].

На одном из семинарских занятий дисциплины «Естественно-научная картина мира», посвященном изучению экспериментального метода познания, группе первокурсников предлагается самостоятельно выполнить серию экспериментальных заданий и проде-



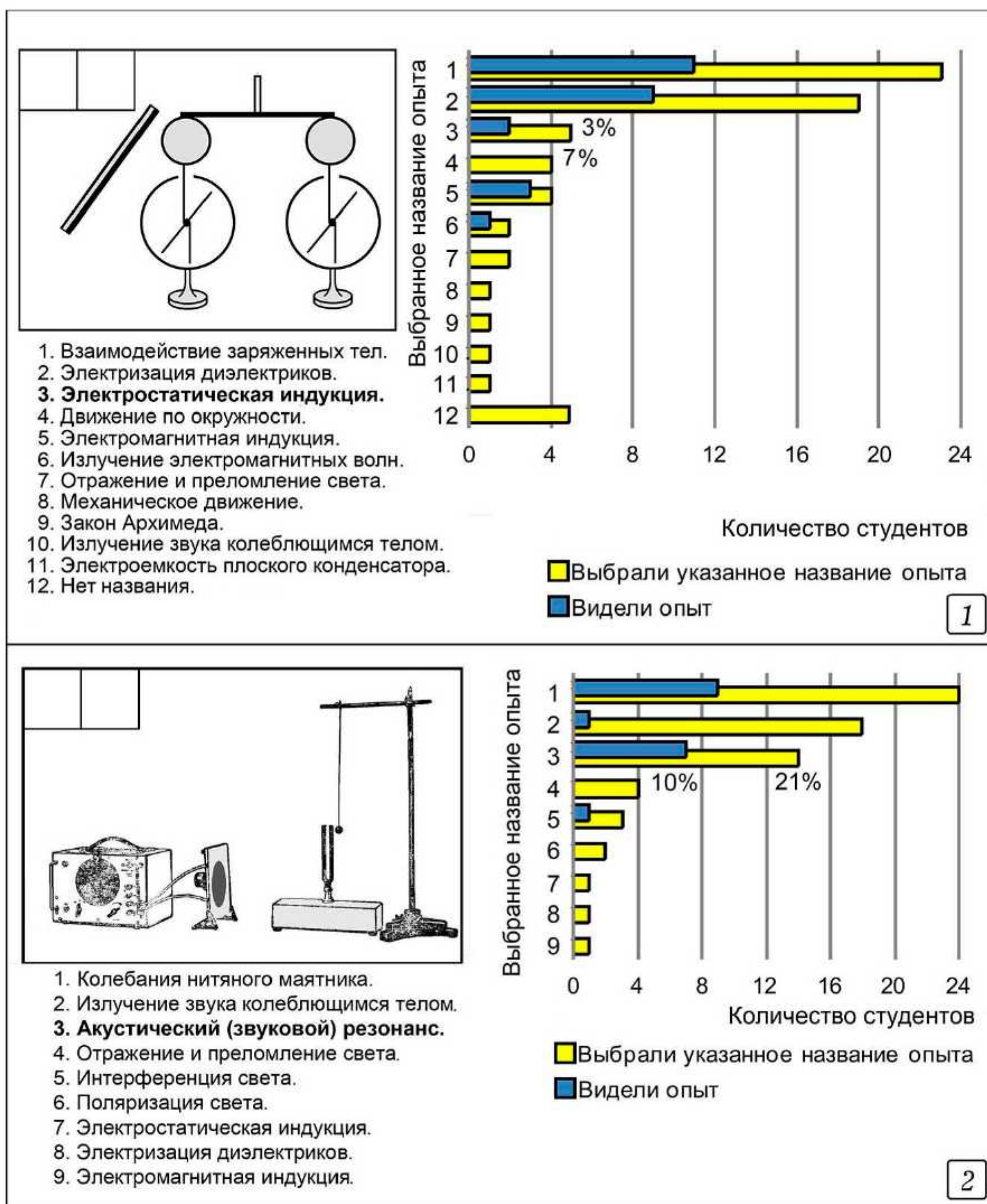


Рис. 9. Результаты, свидетельствующие об узнавании студентами приборов и их области применения — электрометров, камертона, динамика, груза на нити, но не демонстрируемого явления

монстрировать полученные результаты. Группа исследует действие жидкости на погруженное в нее тело. Каждое звено из двух человек выполняет одно из заданий: 1) исследует зависимость выталкивающей силы от объема погруженной части тела; 2) от плотности жидкости; 3) от массы тела; 4) готовит традиционный опыт по

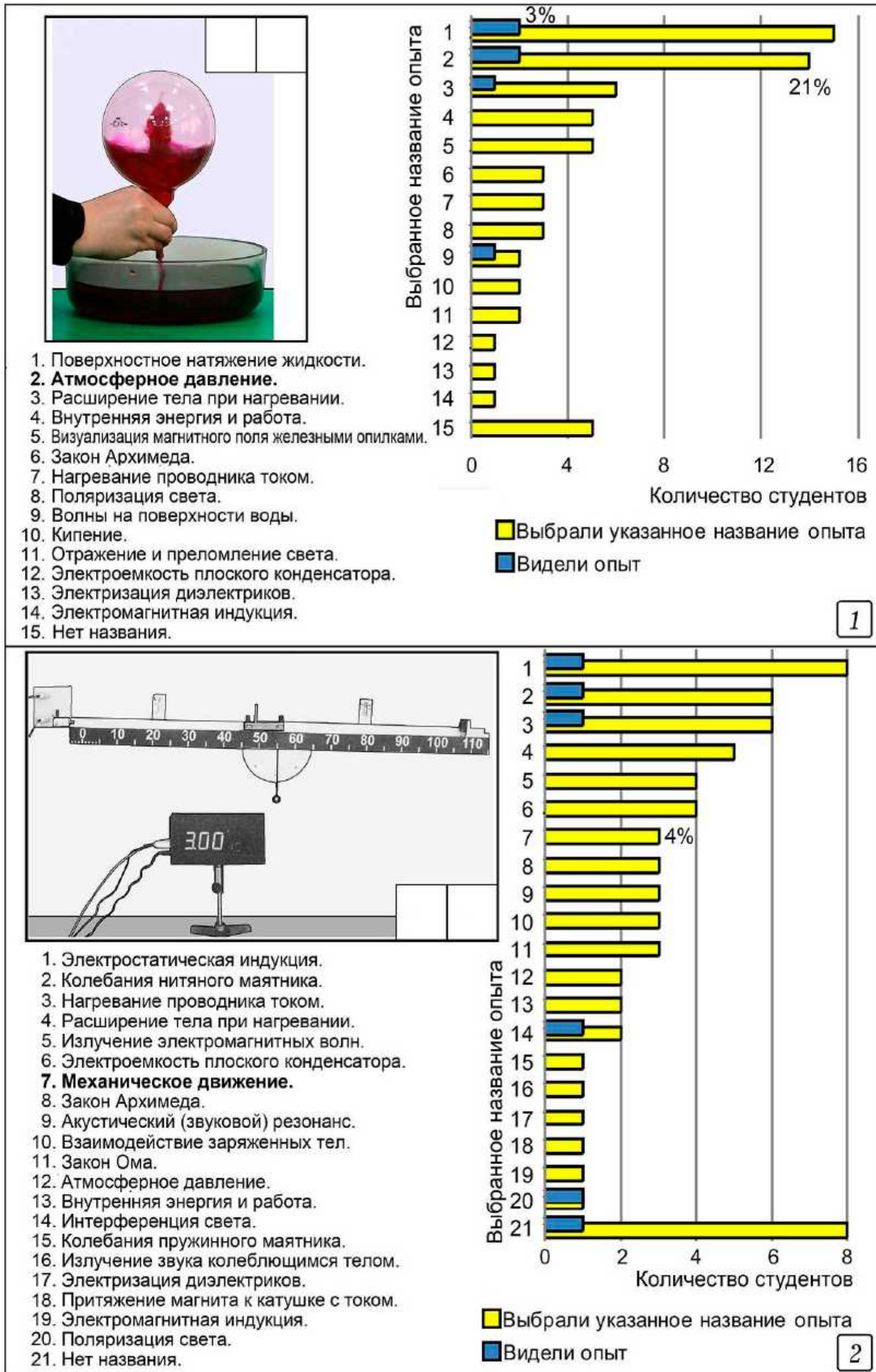


Рис. 10. Результаты педагогического эксперимента, подтверждающие недостаточное внимание на уроках даже к известным каждому учителю эффективным и поучительным опытам, а также отсутствие экспериментального изучения физических явлений посредством современного оборудования

обоснованию закона Архимеда. Необходимое для опытов оборудование выдается студентам.

Выяснилось, что подавляющее большинство студентов не может самостоятельно предложить идею эксперимента по обнаружению факта или проверке утверждения. Студенты знают название прибора «динамометр», объясняют его назначение, но большинство испытуемых не может определить значение выталкивающей силы, пользуясь динамометром.

Таким образом, проведенное педагогическое исследование приводит к следующим выводам.

1. Выпускники школы, поступившие в педагогический вуз, часто узнают на рисунке не физическое явление, а приборы (электромметр, камертон, динамик, пружинный и нитяной маятники, амперметр и вольтметр, магнит, катушку). Это может говорить об иллюстративном характере использования учебного физического эксперимента в обучении.

2. В опытах, которые студенты отмечают, как увиденные на уроках физики, доля правильно определенных физических явлений выше (закон Архимеда, закон Ома, электромагнитная индукция), чем в опытах, демонстрацию которых студенты не помнят. Значит, реальные наблюдения способствуют усвоению условий существования физических явлений лучше, чем иллюстрации в учебнике. Заметим, что в педагогическом эксперименте в основном использовались именно иллюстрации или фотографии специально подготовленных установок, которые отличаются от установок, демонстрируемых на уроках.

3. Уровень экспериментального изучения физических явлений в школе невысок. Многие классические опыты школьники не видели. Сделанный вывод согласуется с опросами учителей, наблюдениями за демонстрацией подобных опытов на курсах повышения квалификации, наблюдениями и опросами студентов при демонстрации опытов на учебных занятиях. Огорчает то, что у многих студентов, а значит, выпускников школы, отсутствуют зрительные образы явлений волновой оптики, отражения и преломления света, электромагнитной индукции.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-013-00157. *Acknowledgments:* The reported study was funded by RFBR, project number 20-013-00157.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Разумовский В. Г. Проблема остается // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 27. — М.: ИСРО РАО, 2017. — С. 5–7.
2. Разумовский В. Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования: Избранные научные статьи / составитель Ю. А. Сауров. — М.: Изд-во РАО, 2016. — 196 с.

3. Демидова М. Ю., Грибов В. А., Никифоров Г. Г. Основные результаты государственной итоговой аттестации выпускников 9-х классов по физике в новой форме // Физика. Приложение к газете «Первое сентября». — 2009. — № 2. — С. 19–27.
4. Демидова М. Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2016 года по физике // Педагогические измерения. — 2016. — № 3. — С. 74–91.
5. Демидова М. Ю. Основные результаты всероссийских проверочных работ по физике в XI классе // Физика в школе. — 2017. — № 7. — С. 28–38.
6. Демидова М. Ю. Государственная итоговая аттестация учащихся по физике: эволюция экзаменационных материалов // Педагогические измерения. — 2018. — № 2. — С. 57–66.
7. Демидова М. Ю., Камзеева Е. Е., Гиголо А. И. Всероссийская проверочная работа по физике: особенности инструментария и основные итоги // Педагогические измерения. — 2018. — № 1. — С. 54–60.
8. Шамало Т. Н. Учебный эксперимент в процессе формирования физических понятий: Кн. для учителя. — М.: Просвещение, 1986. — 96 с.
9. Шамало Т. Н. Теоретические основы использования физического эксперимента в развивающем обучении: Учеб. пособие по спецкурсу. — Свердловск: Свердловск. гос. пединститут, 1990. — 96 с.
10. Шамало Т. Н., Усольцев А. П. Учебный физический эксперимент как средство активизации мыслительной деятельности учащихся // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 28. — М.: ИСРО РАО, 2018. — С. 10–13.
11. Ванна волновая с вибратором / сост. И. М. Румянцев. — М.: Госучпедгиз, 1959. — 12 с.
12. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы: Т. 1. Механика, теплота. Пособие для учителей / В. А. Буров, Б. С. Зворыкин, А. П. Кузьмин, А. А. Покровский, И. М. Румянцев; под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1971. — 368 с.
13. Майер В. В., Майер Р. В. Электричество: учебные исследования. — М.: Физматлит, 2007. — 232 с.
14. Перышкин А. В. Физика. 7 кл.: учебник для общеобразоват. учреждений. — М.: Дрофа, 2013. — 221 с.
15. Перышкин А. В. Физика. 8 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений. — М.: Дрофа, 2013. — 237 с.
16. Шахмаев Н. М., Павлов Н. И. Физический эксперимент в средней школе. В 2 ч. Ч. 1: пособие для учителя. — М.: Мнемозина, 2010. — 224 с.
17. Шахмаев Н. М., Павлов Н. И. Физический эксперимент в средней школе. В 2 ч. Ч. 2: пособие для учителя. — М.: Мнемозина, 2010. — 192 с.
18. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учеб. для вузов. — М.: Высш. шк., 2002. — 575 с.