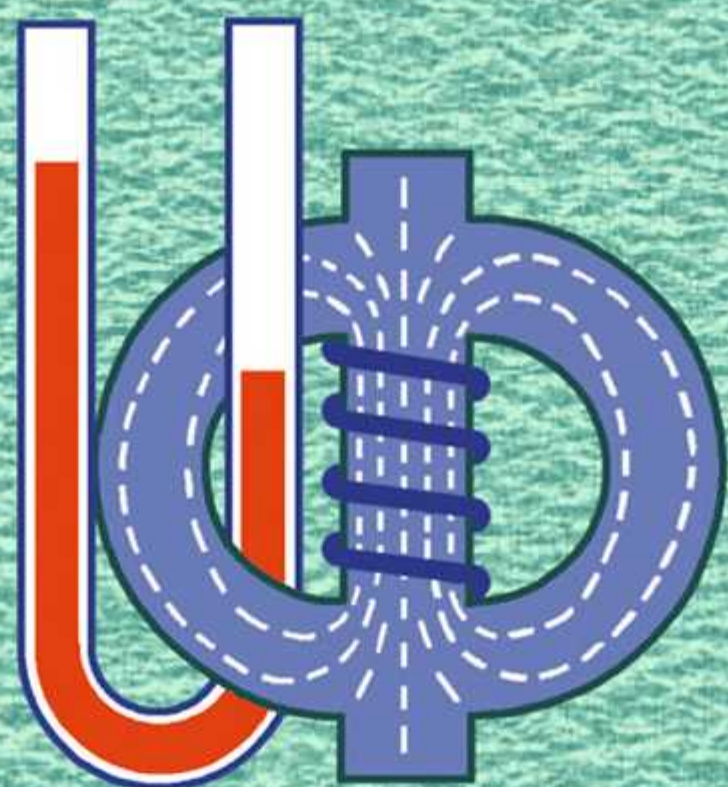


ISSN 2307-5457



# УЧЕБНАЯ ФИЗИКА

**4**  
**2022**





УДК 372.853

В. В. Майер, Е. И. Вараксина  
ЭКСПЕРТИЗА НОВЫХ УЧЕБНЫХ  
ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Разработана технология проведения экспертной оценки возможности и целесообразности применения в школьной практике новых учебных физических экспериментов.

*Ключевые слова:* физические эксперименты, новые учебные, экспертная оценка, возможность и целесообразность, применение в школе.

Наблюдения и опросы учителей показывают, что в школе редко выполняются ученические проекты, связанные с натурным физическим экспериментом. Основными причинами этого учителя считают трудности определения тематики проектов и отсутствие необходимых для организации проектной деятельности физических приборов и вспомогательного оборудования.

Опыт нашей работы показал, что эти и другие причины могут быть устранены, если использовать систему специально разработанных *дидактических ресурсов проектной деятельности* [1]. Это предположение нуждается в экспериментальном обосновании, которое можно осуществить, например, методом экспертизы. При этом возникает проблема: как за минимальное время получить достоверное экспертное подтверждение или опровержение выдвинутой гипотезы?

Мы разработали следующую технологию экспертной оценки дидактического ресурса конкретного ученического проекта.

Экспертам, в качестве которых выступают школьные учителя и вузовские преподаватели физики, раздаются анкеты, составленные из утверждений, с которыми эксперт может либо согласиться, либо нет. В случае согласия он присваивает утверждению 1 балл, в случае несогласия — 0 баллов. На решение по каждому утверждению отводится 1 минута. Анкета содержит три группы утверждений.

**1. Необходимость (целесообразность) выполнения проекта**

- На уроке физики необходим опыт, раскрывающий сущность физического объекта, явления или процесса.





Рис. 1. Группа экспертов внимательно наблюдает демонстрационные эксперименты и оценивает возможность использования их в проектной деятельности

- Выполнение предложенного проекта способствует развитию естественнонаучной грамотности учащихся.
- Школьникам будет интересен проект по экспериментальному исследованию физического объекта, явления или процесса.
- Демонстрация и объяснение полученного в проекте результата занимает на уроке не более 3–4 минут.

## 2. Доступность выполнения проекта

- Принцип действия рекомендуемого для изготовления в проекте прибора прост и доступен обучающимся.
- В Вашем распоряжении имеется все необходимое для выполнения предлагаемого ученического проекта.
- Вы знаете, где можно достать или приобрести необходимое для реализации проекта оборудование.
- Физическая теория исследуемого в проекте явления не выходит за рамки углубленного курса физики.

## 3. Самостоятельность обучающихся

- Презентовать результаты выполненного проекта могут сами школьники непосредственно на уроке.
- Исполнители в проектной деятельности смогут самостоятельно изготовить необходимый для исследования учебный прибор.
- При разработке конструкции и изготовлении прибора не потребуются Ваши консультации и иная помощь.



- Рекомендуемый для ученического проекта учебный прибор безопасен, с ним могут самостоятельно экспериментировать школьники.

Далее группе экспертов демонстрируются предлагаемые для оценивания дидактические ресурсы конкретных проектов. Эта демонстрация может быть осуществлена либо непосредственно в натурном эксперименте, либо в форме предварительно подготовленного видеоклипа этого эксперимента. Кратко рассмотрим проведенную нами экспертизу дидактических ресурсов пяти простых ученических проектов по электродинамике.

### Экспертная оценка ученических проектов

Представьте, что Вы готовитесь руководить исследовательским проектом для звена из двух учащихся 10 класса. В анкетах перечислены утверждения, характеризующие показанные проекты. Если Вы согласны с конкретным утверждением, поставьте против него цифру «1» (да), в противном случае ставьте «0» (нет). Благодарим за участие!

#### Опыт 1. Градуировка электрометра по напряжению

**Оборудование:** 1) демонстрационный электрометр; 2) сетевой выпрямитель с удвоением напряжения до 500 В; 3) конденсаторный трансформатор; 4) соединительные провода с крокодилами [ 2, 3 ].

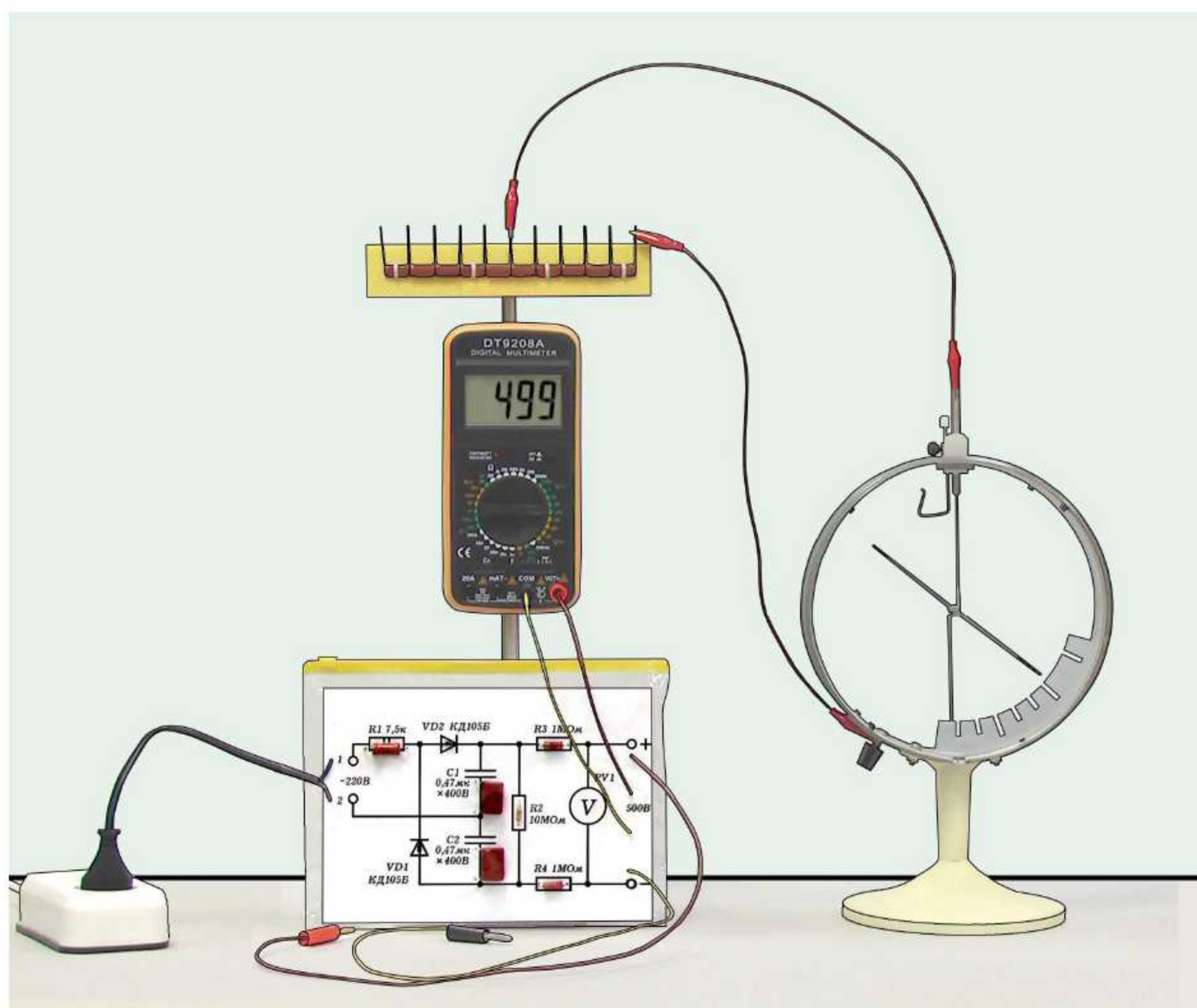


Рис. 2. Использование удвоителя сетевого напряжения и конденсаторного трансформатора для градуировки электрометра по напряжению



1	В 10 классе необходим опыт, показывающий градуировку электрометра по напряжению.	
2	Школьникам будет интересен проект по градуировке демонстрационного электрометра.	
3	В Вашем распоряжении имеется все необходимое для выполнения этого ученического проекта.	
4	Вы знаете, где можно достать или приобрести необходимое для проекта оборудование.	
5	Исполнители смогут самостоятельно изготовить конденсаторный трансформатор.	
6	При изготовлении сетевого удвоителя напряжения не потребуется Ваша помощь.	
7	Сетевой удвоитель напряжения безопасен, с ним могут экспериментировать школьники.	
8	Градуировка электрометра по напряжению развивает естественнонаучную грамотность учащихся.	
9	Принцип действия конденсаторного трансформатора доступен обучающимся.	
10	Физическая сущность градуировки электрометра по напряжению проста и понятна обучающимся.	
11	Градуировка электрометра по напряжению занимает на уроке не более 3–4 минут.	
12	Отградуировать электрометр по напряжению могут прямо на уроке сами школьники.	

## Опыт 2. Градуировка электрометра по заряду

**Оборудование:** 1) демонстрационный электрометр, отградуированный по напряжению; 2) цифровой мультиметр с функцией измерителя емкости; 3) конденсатор известной емкости; 4) шаровые кондукторы к электрометру; 5) соединительные провода с крокодилами [4].



Рис. 3. Измерение мультиметром емкости демонстрационного электрометра для градуировки этого прибора по заряду



1	В 10 классе необходим опыт, показывающий градуировку электрометра по заряду.	
2	Школьникам будет интересен проект по градуировке демонстрационного электрометра.	
3	В Вашем распоряжении имеется все необходимое для выполнения этого ученического проекта.	
4	Вы знаете, где можно достать или приобрести необходимое для проекта оборудование.	
5	Исполнители смогут самостоятельно изучить мультиметр в режиме измерения емкости.	
6	Для освоения школьниками цифрового мультиметра не требуется Ваша помощь.	
7	Градуировка электрометра по заряду безопасна, ее могут проводить сами школьники.	
8	Градуировка электрометра по заряду развивает естественнонаучную грамотность учащихся.	
9	Школьники понимают, что предел измерения электрометра по заряду можно изменить сменой его шарового кондуктора.	
10	Метод градуировки электрометра по заряду прост и понятен обучающимся.	
11	Градуировка электрометра по заряду занимает на уроке не более 3–4 минут.	
12	Отградуировать электрометр по заряду могут прямо на уроке сами школьники.	

### Опыт 3. Применение электрометра для экспериментального изучения емкости плоского конденсатора

**Оборудование:** 1) демонстрационный конденсатор с воздушным диэлектриком; 2) демонстрационный электрометр, отградуированный по напряжению; 3) две пары узких прокладок разной толщины из хорошего диэлектрика; 4) стеклянная пластина; 5) соединительные провода с крокодилами; 6) изолон, мех.



Рис. 4. Обоснование формулы для емкости плоского конденсатора в школьном демонстрационном эксперименте



1	В 10 классе необходим опыт, подтверждающий формулу для емкости плоского конденсатора: $C = \epsilon_0 \epsilon S/d$ .	
2	Школьникам будет интересен проект по экспериментальному изучению плоского конденсатора.	
3	В Вашем распоряжении имеется все необходимое для выполнения этого ученического проекта.	
4	Вы знаете, где можно достать или приобрести необходимое для проекта оборудование.	
5	Исполнители смогут самостоятельно выполнить проект по экспериментальному изучению емкости плоского конденсатора.	
6	Для выполнения проекта по экспериментальному изучению электрической емкости не потребуется Ваша помощь.	
7	Работа с демонстрационными конденсатором и электрометром безопасна, ее могут выполнить сами школьники.	
8	Проект по экспериментальному обоснованию понятия электрической емкости развивает естественнонаучную грамотность.	
9	Учебная теория плоского конденсатора доступна обучающимся.	
10	Экспериментальное обоснование формулы для емкости плоского конденсатора убедительно и понятно школьникам.	
11	Демонстрация результата проекта по введению понятия емкости плоского конденсатора займет на уроке не более 3–4 минут.	
12	Демонстрационные опыты по применению электрометра для экспериментального изучения плоского конденсатора могут показать прямо на уроке сами школьники, выполнившие проект.	

#### Опыт 4. Применение мультиметра для экспериментального изучения емкости плоского конденсатора

**Оборудование:** 1) демонстрационный конденсатор с воздушным диэлектриком; 2) цифровой мультиметр с функцией измерителя емкости; 3) две пары узких прокладок разной толщины из хорошего диэлектрика; 4) стеклянная пластина; 5) соединительные провода с крокодилами [4].



Рис. 5. Демонстрационный опыт по измерению емкости плоского конденсатора цифровым мультиметром



1	В 10 классе необходим опыт, подтверждающий формулу для емкости плоского конденсатора $C = \epsilon_0 \epsilon S/d$ .	
2	Школьникам будет интересен проект по экспериментальному изучению плоского конденсатора.	
3	В Вашем распоряжении имеется все необходимое для выполнения ученического проекта.	
4	Вы знаете, где можно достать или приобрести необходимое для проекта оборудование.	
5	Исполнители смогут самостоятельно изучить мультиметр в режиме измерения емкости.	
6	Для освоения школьниками цифрового мультиметра не потребуется Ваша помощь.	
7	Измерение емкости мультиметром безопасно, его могут проводить сами школьники.	
8	Измерение емкости мультиметром развивает естественнонаучную грамотность учащихся.	
9	Учебная теория плоского конденсатора доступна обучающимся.	
10	Экспериментальное обоснование справедливости формулы плоского конденсатора убедительно и понятно обучающимся.	
11	Применение мультиметра для измерения емкости плоского конденсатора занимает на уроке не более 5 минут.	
12	Демонстрационные опыты по применению мультиметра для экспериментального изучения плоского конденсатора могут показать прямо на уроке сами школьники, выполнившие проект.	

### Опыт 5. Ионизация воздуха пламенем

**Оборудование:** 1) толстая полиэтиленовая пленка; 2) ножницы; 3) газовая зажигалка [5].

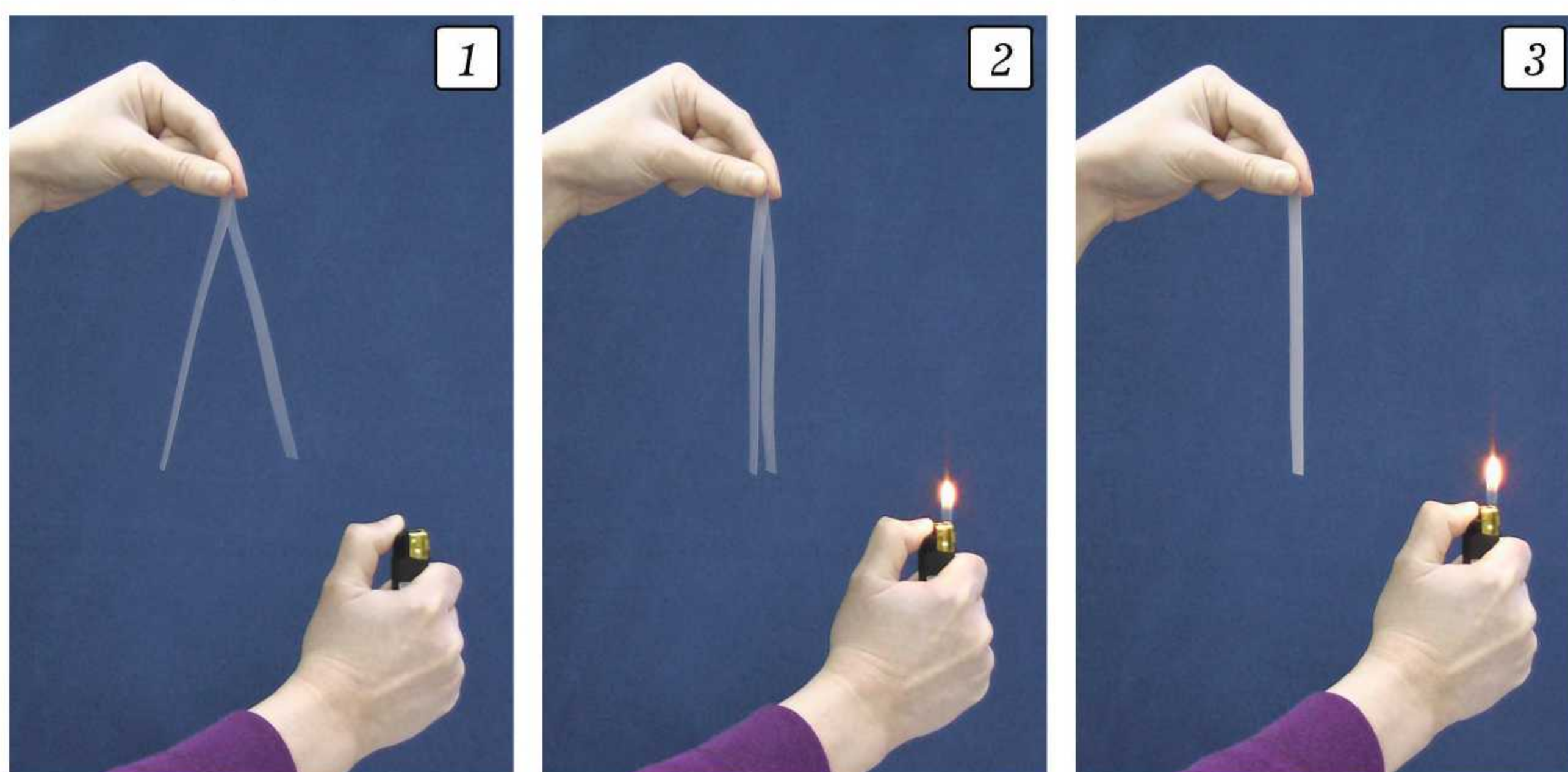


Рис. 6. Простой и впечатляющий демонстрационный опыт по ионизации воздуха пламенем

1	В 10 классе необходим ученический проект по исследованию ионизации воздуха пламенем.	
2	Школьникам интересен опыт, показывающий, что воздух, который является диэлектриком, можно превратить в проводник.	



3	В Вашем распоряжении имеется все необходимое для выполнения этого ученического проекта.	
4	Вы знаете, где можно достать или приобрести необходимое для проекта оборудование.	
5	Исполнители смогут самостоятельно подготовить, выполнить и объяснить эксперимент.	
6	Опыт по ионизации воздуха пламенем безопасен, его могут проводить сами школьники.	
7	Теоретическое объяснение результата опыта по ионизации воздуха пламенем доступно обучающимся.	
8	Для подготовки школьниками демонстрации опыта не потребуется Ваша помощь.	
9	Школьники могут в эксперименте доказать, что в опыте существенна именно ионизация, а не излучение пламени.	
10	Демонстрация опыта займет на уроке не более 2–3 минут.	
11	Экспериментальное изучение ионизации воздуха пламенем развивает естественнонаучную грамотность.	
12	Показать и объяснить опыт по ионизации воздуха пламенем могут прямо на уроке сами школьники, выполнившие проект.	

Эксперт (ФИО, школа, должность, стаж, дата)



Рис. 7. Зарядка конденсаторного трансформатора от удвоителя напряжения. Фотография сделана в процессе проведения рассмотренной в статье экспертизы



## Результаты экспертизы

В табл. 1 приведены индивидуальные оценки экспертов каждого из 5 опытов, предназначенных для ученических проектов. Оценки сделаны по перечисленным выше 12 критериям. Наглядно общий результат экспертизы изображен графически на рис. 8. Мы видим, что в целом все опыты оценены положительно, но наименьшие оценки получили первый и пятый эксперименты.

Таблица 1  
Результаты оценки экспертами каждого из 5 опытов по всем 12 критериям

	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Опыт 4	Опыт 5
Эксперт 1	9	10	11	10	10
Эксперт 2	8	10	11	10	10
Эксперт 3	9	11	12	11	8
Эксперт 4	9	10	11	10	8
Эксперт 5	8	11	11	11	11
Эксперт 6	8	10	11	11	12
Эксперт 7	9	11	10	11	10
Эксперт 8	11	10	11	11	11
Эксперт 9	11	11	12	10	11
Эксперт 10	8	11	10	11	10
Сумма $S$	90	105	110	106	101
$S/S_{\max}$	0,75	0,88	0,92	0,88	0,84

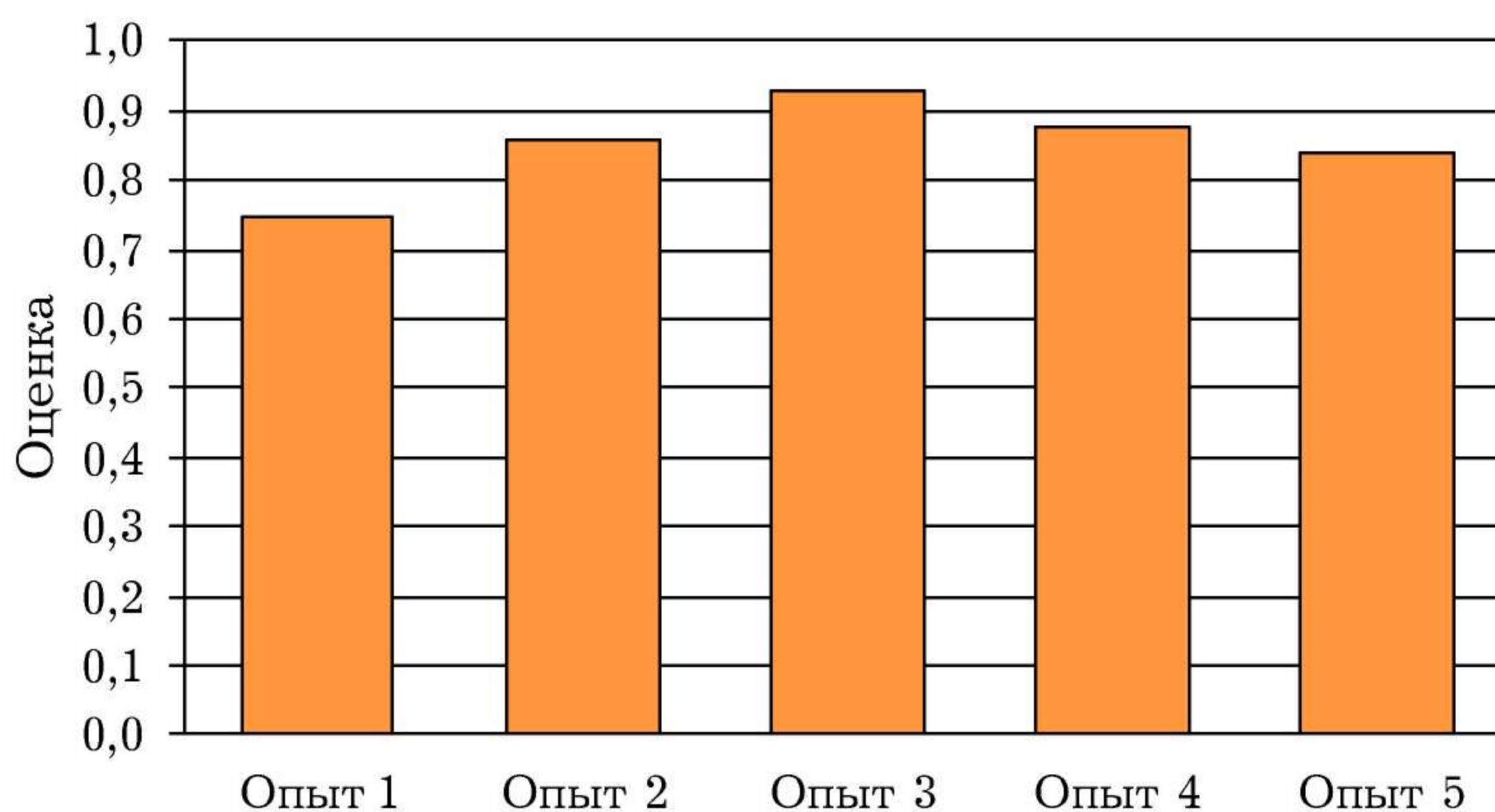


Рис. 8. Общая экспертная оценка серии из пяти учебных экспериментов



В табл. 2 показано количество баллов, которыми каждый из 10 экспертов оценил все 5 опытов по представленным выше 4 критериям, характеризующим необходимость (целесообразность) проекта. На диаграмме рис. 9 приведены итоговые результаты экспертизы каждого из опытов по этой группе критериев. Вывод: предложенные проекты могут дать результаты, применение которых на школьных уроках по крайней мере целесообразно, а в отдельных случаях просто необходимо.

Таблица 2  
Оценка необходимости (целесообразности)  
выполнения проектов

Эксперт	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Опыт 4	Опыт 5
Эксперт 1	3	4	4	4	4
Эксперт 2	4	4	4	4	4
Эксперт 3	4	4	4	4	4
Эксперт 4	3	4	4	4	3
Эксперт 5	3	4	4	4	4
Эксперт 6	4	4	4	4	4
Эксперт 7	4	4	4	4	4
Эксперт 8	4	4	4	4	4
Эксперт 9	4	4	4	4	4
Эксперт 10	4	4	4	4	4
Сумма $S$	37	40	40	40	39
$S/S_{\max}$	0,93	1,00	1,00	1,00	0,98

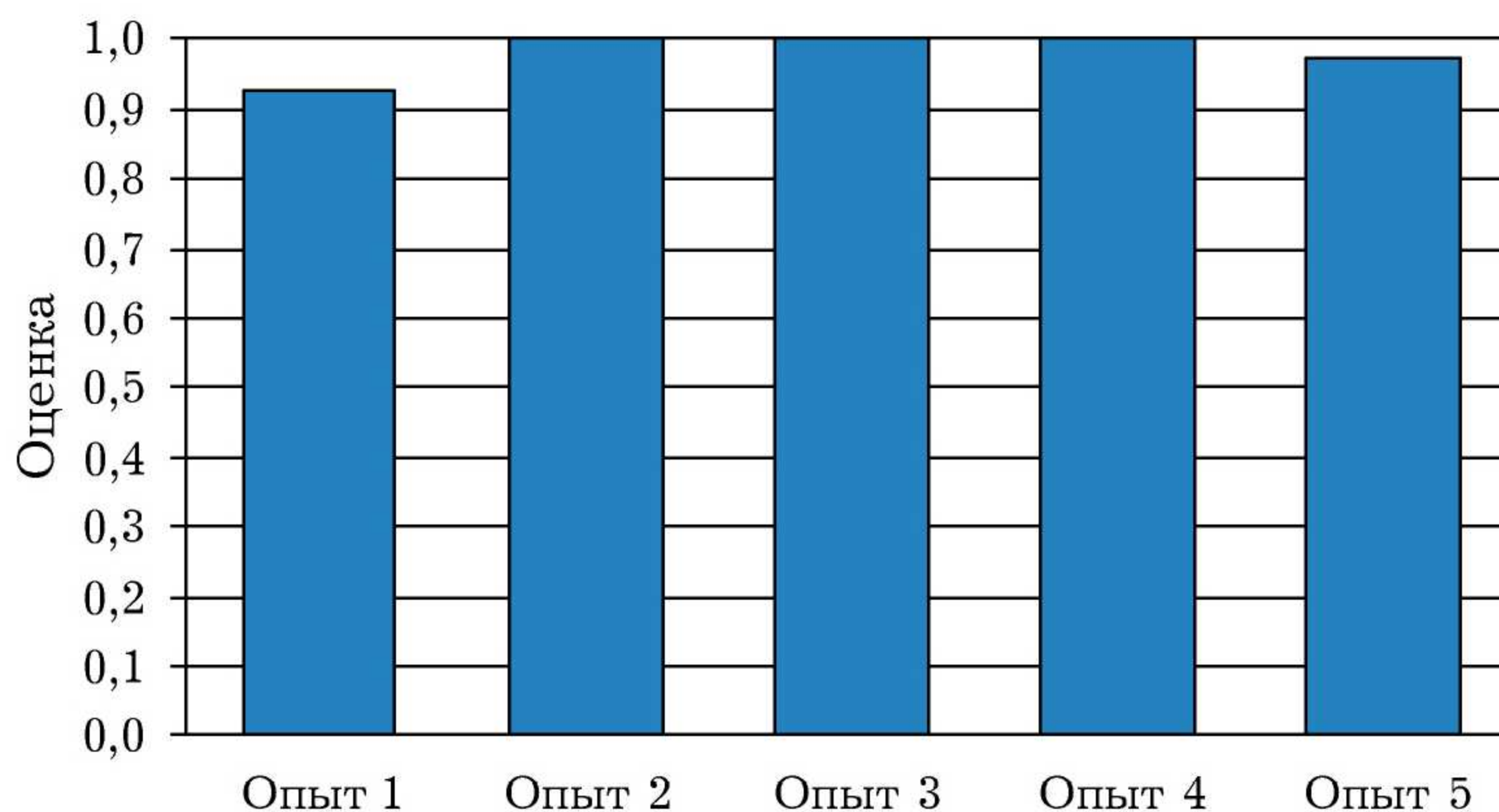


Рис. 9. Экспертная оценка учебных экспериментов по параметру целесообразности или необходимости



В табл. 3 показаны результаты оценки 5 опытов по предложенным выше 4 критериям, характеризующим доступность выполнения проекта. На диаграмме рис. 10 эти результаты представлены наглядно. Как и следовало ожидать, низшую оценку получил первый опыт, для выполнения которого требуется изготовление выпрямителя с удвоением сетевого напряжения.

Таблица 3

## Оценка доступности выполнения проектов

	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Опыт 4	Опыт 5
Эксперт 1	3	3	4	3	4
Эксперт 2	2	3	4	4	4
Эксперт 3	2	3	4	3	4
Эксперт 4	3	3	4	3	4
Эксперт 5	3	4	4	4	4
Эксперт 6	2	3	4	4	4
Эксперт 7	1	3	4	4	3
Эксперт 8	3	3	4	3	4
Эксперт 9	3	3	4	3	4
Эксперт 10	2	3	4	4	3
Сумма $S$	24	31	40	35	38
$S/S_{\max}$	0,60	0,78	1,00	0,88	0,95

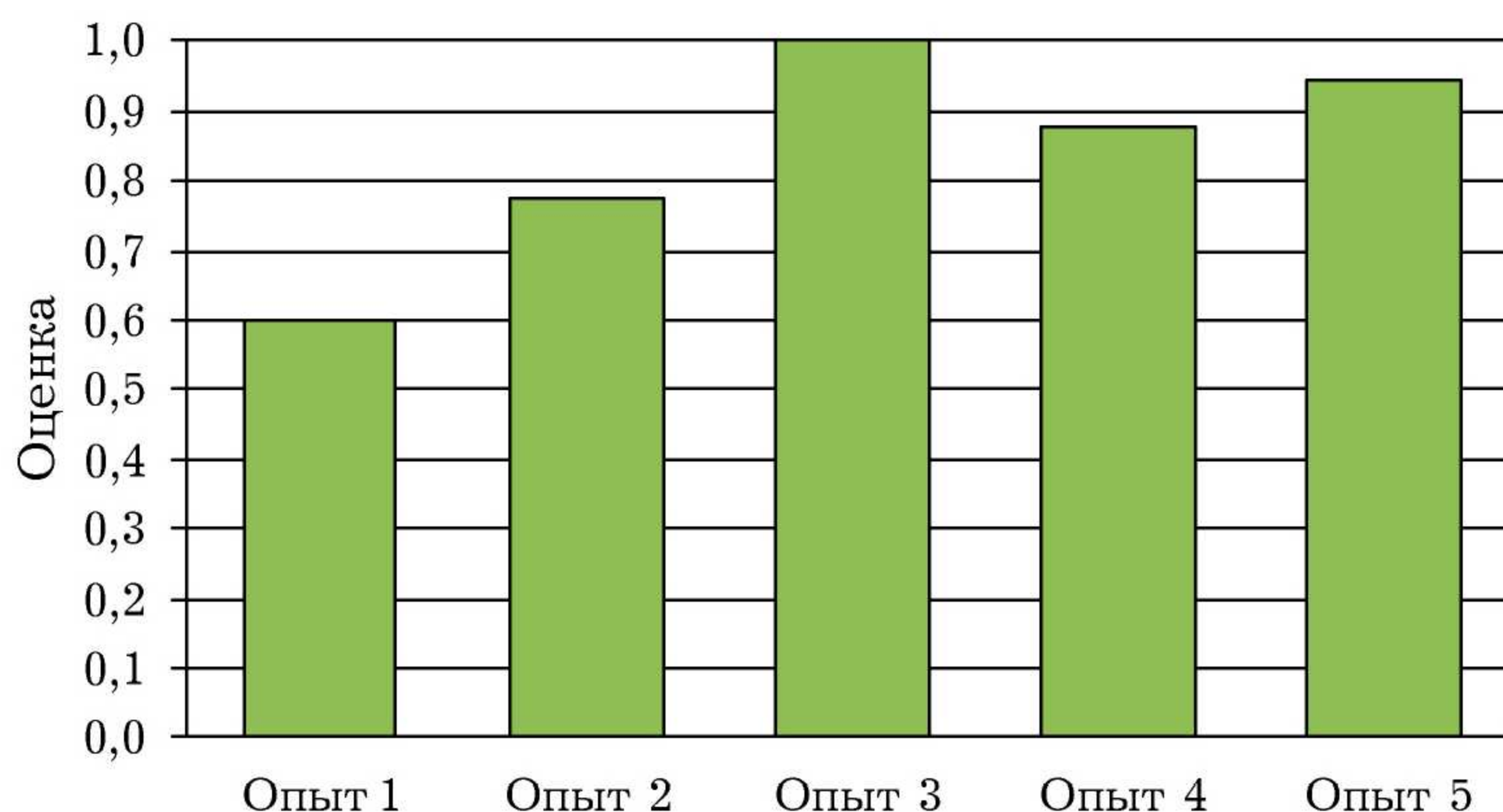


Рис. 10. Оценка доступности проектного исследования



В табл. 4 даны результаты оценки 5 опытов по предложенным выше 4 критериям, характеризующим самостоятельность обучающихся при выполнении проекта. На диаграмме рис. 11 эти результаты показаны наглядно. Неожиданно самый простой и эффективный опыт получил наинизшую оценку. Объяснить этот результат можно только нежеланием учителей физики предлагать учащимся опыты с открытым пламенем.

Таблица 4  
Оценка самостоятельности обучающихся

	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Опыт 4	Опыт 5
Эксперт 1	3	3	3	3	2
Эксперт 2	2	3	3	4	2
Эксперт 3	2	4	4	4	2
Эксперт 4	3	3	3	3	1
Эксперт 5	2	3	3	3	2
Эксперт 6	2	3	3	3	4
Эксперт 7	4	3	3	3	3
Эксперт 8	4	3	3	3	3
Эксперт 9	4	3	4	3	3
Эксперт 10	2	4	2	3	3
Сумма $S$	28	32	31	32	25
$S/S_{\max}$	0,70	0,80	0,78	0,80	0,63



Рис. 11. Результаты экспертизы по критериям, касающимся самостоятельности обучающихся при выполнении проектов



## Заключение

**1.** Проведенная экспертиза разработанного авторами содержания дидактических ресурсов проектной деятельности обучающихся по физике подтвердила их целесообразность или даже необходимость, материальную и интеллектуальную доступность, а также возможность самостоятельного выполнения проектов обучающимися под руководством учителя. Это не удивительно, так как физические приборы и эксперименты разрабатывались в соответствии с теми критериями, которые затем использовались в экспертизе.

**2.** Оценка содержания проектной деятельности потребовала от экспертов примерно 1 часа работы, которая заключалась в наблюдении натурального эксперимента и оценивании каждого из 12 его параметров числами 0 или 1. Это важный результат разработанной технологии, поскольку значительные временные затраты на экспертизу усложняют ее организацию и проведение, снижают достоверность полученных оценок.

**3.** Разработанная технология экспертной оценки учебного физического эксперимента может быть реализована в дистанционном формате, если натурные эксперименты будут представлены экспертам в форме видеороликов длительностью не более 3–5 минут.

Авторы выражают благодарность Ю. А. Корневу за помощь в обработке результатов экспертизы.

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. Майер В. В., Вараксина Е. И. Образовательные ресурсы проектной деятельности школьников по физике: монография. — М.: ФЛИНТА: Наука, 2015. — 228 с.
2. Майер В. В., Вараксина Е. И., Васильев И. А. Безопасный, маломощный и простой удвоитель сетевого напряжения // Учебная физика. — 2021. — № 1. — С. 26–28.
3. Майер В. В., Вараксина Е. И. Школьный демонстрационный электромметр как электроизмерительный прибор // Учебная физика. — 2016. — № 4. — С. 15–21.
4. Майер В. В., Вараксина Е. И. Дидактические недостатки и достоинства бытового мультиметра // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 36. — М.: ИСРО РАО, 2022. — С. 57–60.
5. Майер В. В., Вараксина Е. И., Корнев Ю. А. Простые демонстрационные опыты на уроках по электростатике // Учебная физика. — 2022. — № 2. — С. 24–34.

Глазовский государственный  
педагогический институт

Поступила в редакцию 29.09.22.