

**Погожих Сергей Анатольевич**

*Кандидат физико-математических наук, профессор кафедры общей и теоретической физики, Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск. E-mail: spog@yandex.ru*

## **СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ОСНОВ ГОЛОГРАФИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ**

В статье рассмотрены аспекты изучения студентами – будущими учителями физики – основ практической голографии. Обоснована необходимость более широкого представления данной темы в содержании физического образования. Представлены как экспериментальная сторона голографического эксперимента, так и потенциальные образовательные возможности голографии при изучении курса физики различных уровней: как в вузе, так и в школе. Рассмотрены особенности учебного голографического эксперимента в современных условиях. Показано, что текущее состояние экспериментальной базы сделало изучение голографии более доступным.

*Ключевые слова:* голография, преподавание оптики, педагогическое образование, школьный курс физики, голограмма, лазер, оптический эксперимент, исследовательская деятельность.

**Pogozhikh Sergey Anatolevich**

*Candidate of physico-mathematical Sciences, professor of Department of General and theoretical physics, Novosibirsk state pedagogical University, Novosibirsk. E-mail: spog@yandex.ru*

## **MODERN CONDITIONS OF TEACHING THE BASICS OF HOLOGRAPHY IN THE TRAINING OF PHYSICS TEACHERS**

The article deals with the aspects of studying the basics of practical holography by students-future teachers of physics. The necessity of a wider representation of this topic in the content of physical education is substantiated. The experimental side of the holographic experiment and the potential educational opportunities of holography in the study of physics at different levels – both at the University and at school are presented. The features of educational holographic experiment in modern conditions are considered. It is shown that the current state of the experimental base has made the study of holography more accessible.

*Keywords:* holography, teaching optics, pedagogical education, school physics course, hologram, laser, optical experiment, research activities.

Одна из компетенций ФГОС ВО по направлению подготовки 44.03.01/05 «Педагогическое образование» подразумевает способность выпускника педагогического вуза руководить исследовательской работой обучающихся, что предполагает умение учителя поставить интересную и захватывающую задачу.

В современных условиях практиче-

ски не реализован потенциал дидактической единицы «голография» раздела курса физики «Оптика». В настоящее время голограмма как способ защиты документов и денежных знаков распространен повсеместно. Слово «голограмма» стало широкоупотребительным, в некоторые области науки вошли понятия «голографический принцип»,

«голографический подход». Однако термины «голограмма» и «голография» употребляются неправильно, часто понятия подменяются. При этом физические основы голографии практически не преподаются даже студентам-физикам, что способствует возникновению мифов о возможностях голографии. В результате наблюдается очевидный дисбаланс между распространенностью понятия, его эксплуатацией в рекламных и «научнообразных» целях, с одной стороны, и его изучением в курсах физики разного уровня – с другой. Автор статьи предлагает пути исправления данной ситуации.

Практическое преподавание голографии в образовательных целях в настоящее время – удел энтузиастов-одиночек [1; 2]. Автором много лет разрабатывается тема преподавания голографии как интегрированной темы в сквозных курсах физики разного уровня и в виде самостоятельных спецкурсов [3–6], что призвано устранить существующий дисбаланс.

Самостоятельно полученная голограмма всегда производит неизгладимое впечатление на обучающихся, поскольку трудно поверить, что наблюдаемое изображение в действительности является изображением, а не реальным объектом, при этом внешне голографический эксперимент кажется простым. Яркость и эмоциональность – это главный образовательный ресурс голографии, способной пробудить познавательный интерес к физике вообще и к оптике в частности.

Принципы голографии описаны во всех учебниках по оптике, подробнее основы вопроса изложены в классических трудах [7–9]. В настоящее время в Институте физико-математического и информационно-экономического образования НГПУ читается курс «Спецглавы физики» для обучающихся магистерской программе «Физика и информационные технологии» направления 44.04.01 «Педагогическое образование», в котором

изучаются теоретические и экспериментальные основы голографии. Курс включает следующие основные разделы: история вопроса, математический анализ голограммы, различные типы классификации голограмм, характеристики и свойства голограмм, техника голографии, регистрирующие среды, химическая обработка, голографическая интерферометрия.

Преподавание курса без эксперимента малопродуктивно, поэтому в нем запланированы эксперименты, иллюстрирующие то или иное свойство какого-либо вида голограммы. Такой подход сокращает время эксперимента за счет снижения времени экспозиции, что позволяет студентам наблюдать весь его ход. Кроме того, представляется важным, чтобы изученный теоретически материал подкреплялся экспериментом в одно и то же время.

Ключевым лабораторным оборудованием для голографического эксперимента являются лазеры и фотопластинки, чувствительные к соответствующему лазерному излучению, остальное стандартное оборудование – линзы, зеркала, держатели и тяжелое основание – может быть взято из физической лаборатории. Раньше в основном использовались гелий-неоновый лазер с длиной волны 633 нм (красный), дающий высококачественное когерентное излучение, и фотопластинки производства фирмы «Славич».

Развитие техники, изменение экономических реалий привели к изменению технической базы голографии, что открыло новые возможности и сократило другие. На рынке появились дешевые малогабаритные твердотельные лазеры на основе ортованадата иттрия, легированного неодимом (Nd:YVO<sub>4</sub>), с диодной оптической накачкой инфракрасным лазером с удвоением частоты (качество излучения таких лазеров оказалось хорошим (длина когерентности около

20 см), подходящим для голографии, длина волны 532 нм (зеленый свет)), фотопластинки, сенсibilизированные к этому участку видимого диапазона, также производства «Славича». Однако стало сложнее приобрести фотопластинки и химикаты к ним.

С переходом на неодимовый лазер время учебного эксперимента сократилось: экспозиция составляет 2–4 секунды против 5–10 минут для гелий-неонового лазера. Это объясняется большей чувствительностью фотопластинок в зеленом диапазоне. Помимо сокращения времени эксперимента заметно улучшилось качество полученных голограмм. Стабилизация оптической схемы, защи-

та от колебаний главнее условия успешного эксперимента. Однако при тех же предпринятых мерах помехозащиты, при малой экспозиции уменьшается суммарное влияние помех, а качество голограмм возрастает.

Обычный голографический эксперимент в сходящихся пучках имеет следующую схему (рис. 1). Луч лазерной указки делится светоделителем (плоскопараллельная пластинка) на два. Один луч перенаправляется, расширяется и направляется на объект. Отраженный предметный луч падает нормально на фотопластинку. Опорный луч расширяется и также направляется на пластинку по некоторым углом.

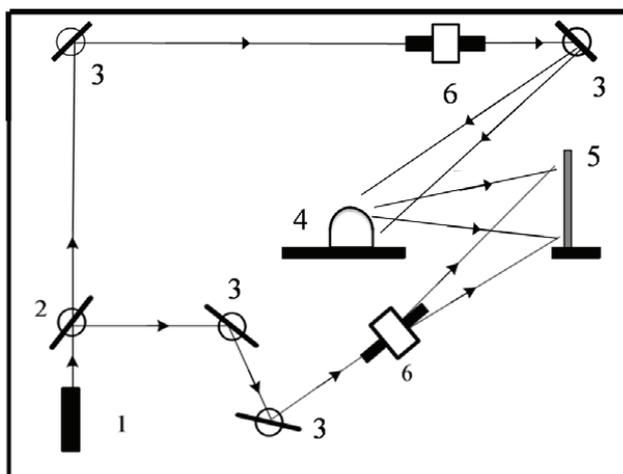


Рис. 1. Схема установки (1 – лазер, 2 – делитель, 3 – зеркала, 4 – объект, 5 – фотопластинка, 6 – расширители)

После проявления и высушивания голограмму возвращают на место и освещают только опорным лучом. Дифрагировавший луч создает мнимое изображение предмета. Это изображение реалистично, его можно рассмотреть с разных сторон (насколько позволяет площадь голограммы (рис. 2)). Однако это изображение может наблюдать

только один зритель.

Мощный компактный лазер позволяет демонстрировать действительное изображение. Если направить нерасширенный луч лазера на голограмму по направлению, обратному опорному, то восстановленное изображение спроецируется на экран и станет доступным для наблюдения широкой аудитории (рис. 3).

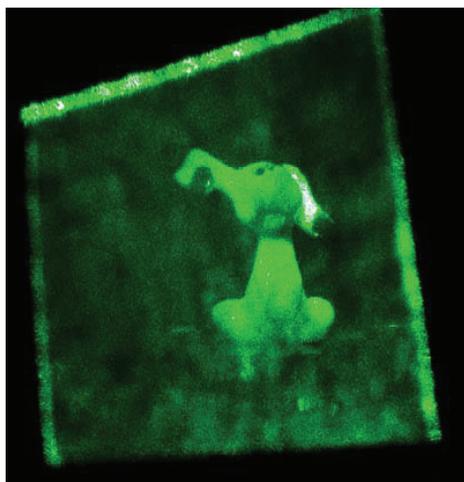


Рис. 2. Восстановленная голограмма (наблюдение сквозь голограмму)

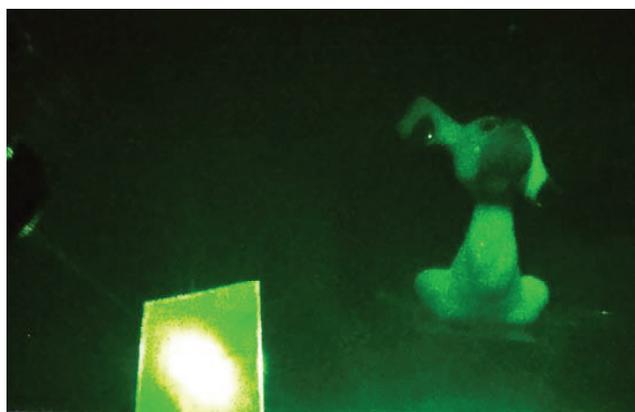


Рис. 3. Действительное изображение, на переднем плане голограмма

Этот способ наблюдения примечателен тем, что демонстрирует принципиальное отличие голографического изображения от фотографического. Сама голограмма либо прозрачная, либо серая с различными полосами, не имеющими ничего общего с самим изображением. При этом изображение восстанавливается с небольшого участка, на который падает луч сечением примерно со спичечную головку, а не со всей площади голограммы. Это демонстрирует еще одно мало популяризируемое свойство голограммы – ее необычайно информационную емкость, что делает возможным создание голографической памяти,

что также удивляет зрителя. При перемещении луча по голограмме ракурс изображения заметно изменяется. Примечательно, что эта схема не требует никаких оптических элементов и настроек, что позволяет использовать ее в любой аудитории.

Студенты часто спрашивают, как наладить голографическую лабораторию в школе. Как отмечалось ранее, сейчас элементная база доступна, но фотопластинки стоят дорого. В связи с этим магистрантом М. Носаревым была предпринята попытка самостоятельного изготовления голографических фотопластинок на основе желатины, сенси-

билизированной бихроматом аммония [10]. Метод известен давно [11; 12], требует пищевого желатина и некоторых веществ, которые можно найти в кабинете химии. Попытка оказалась успешной: после кропотливой систематической работы была отработана своя методика и получено несколько удовлетворительных голограмм. По итогам работы выполнена и защищена ВКР, доклад об исследовании на региональной конференции студентов «Интеллектуальный потенциал Сибири» занял первое место.

Проделанная работа показала, что учитель физики совместно с учениками

может развернуть индивидуальную или коллективную исследовательскую работу по получению голограмм. При отлаженном процессе возможно дальнейшее расширение темы с использованием голографической интерферометрии как инструмента исследований. Это требует желания и времени, но результат вполне заслуживает затраченных усилий. Таким образом, в настоящее время сложились благоприятные условия для внедрения экспериментального изучения голографии в курс физики вузовского и школьного уровня.

### Список литературы

1. Воробьев С. П. Запись голограмм лазерной указкой // Научная сессия МИФИ-2005: сб. науч. тр.: в 13 т. – М.: МИФИ, 2005. – Т. 4. – С. 258–259.
2. Мармыш Д. Н., Могильный В. В., Безрученко А. В., Толстик Е. А., Гайда Л. С. Запись фазовых голограмм излучением лазерной указки с длиной волны 532 нм // Прикладная оптика 2010: труды Междунар. конф. – СПб., 2010. – Т. 1, ч. 2. – С. 38–40.
3. Погожих С. А. Элементы экспериментальной голографии в курсе общей физики // Физическое образование в вузах. – 2001. – Т. 7, № 1. – С. 59–64.
4. Погожих С. А. Голография в курсе общей физики // Преподавание физики в высшей школе. – 2001. – № 21. – С. 90–92.
5. Погожих С. А. Использование экспериментальной голографии при подготовке учителей физики // Физическое образование в вузах. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 97–102.
6. Погожих С. А. Использование экспериментальной голографии при подготовке учителей физики // Современный физический практикум: сб. тр. XIII Междунар. учеб.-метод. конф. (Новосибирск, 23–25 сент. 2014 г.) – М.: МФО, 2014. – С. 112–113.
7. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. Оптическая голография. – М.: Мир, 1973. – 688 с.
8. Островский Ю. И., Бутусов М. М., Островская Г. В. Голографическая интерферометрия. – М.: Наука, 1977. – 336 с.
9. Денисюк Ю. Н. Принципы голографии. – Л.: ГОИ, 1979. – 124 с.
10. Носарев М. Г. Сенсibilизирование купанием заводских фотоматериалов в растворе бихромата аммония // Шаг в науку: материалы региональной науч.-практ. конф. ИФМИЭО НГПУ (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск, 2018. – С. 39–40.
11. Комар В. Г., Серов О. Б. Изобразительная голография и голографический кинематограф. – М.: Искусство, 1987. – 286 с.
12. Малов А. Н., Неупокоева А. В. Голографические регистрирующие среды на основе дихромированного желатина. – Иркутск: ИВВАИУ (ВИ), 2006. – 345 с.