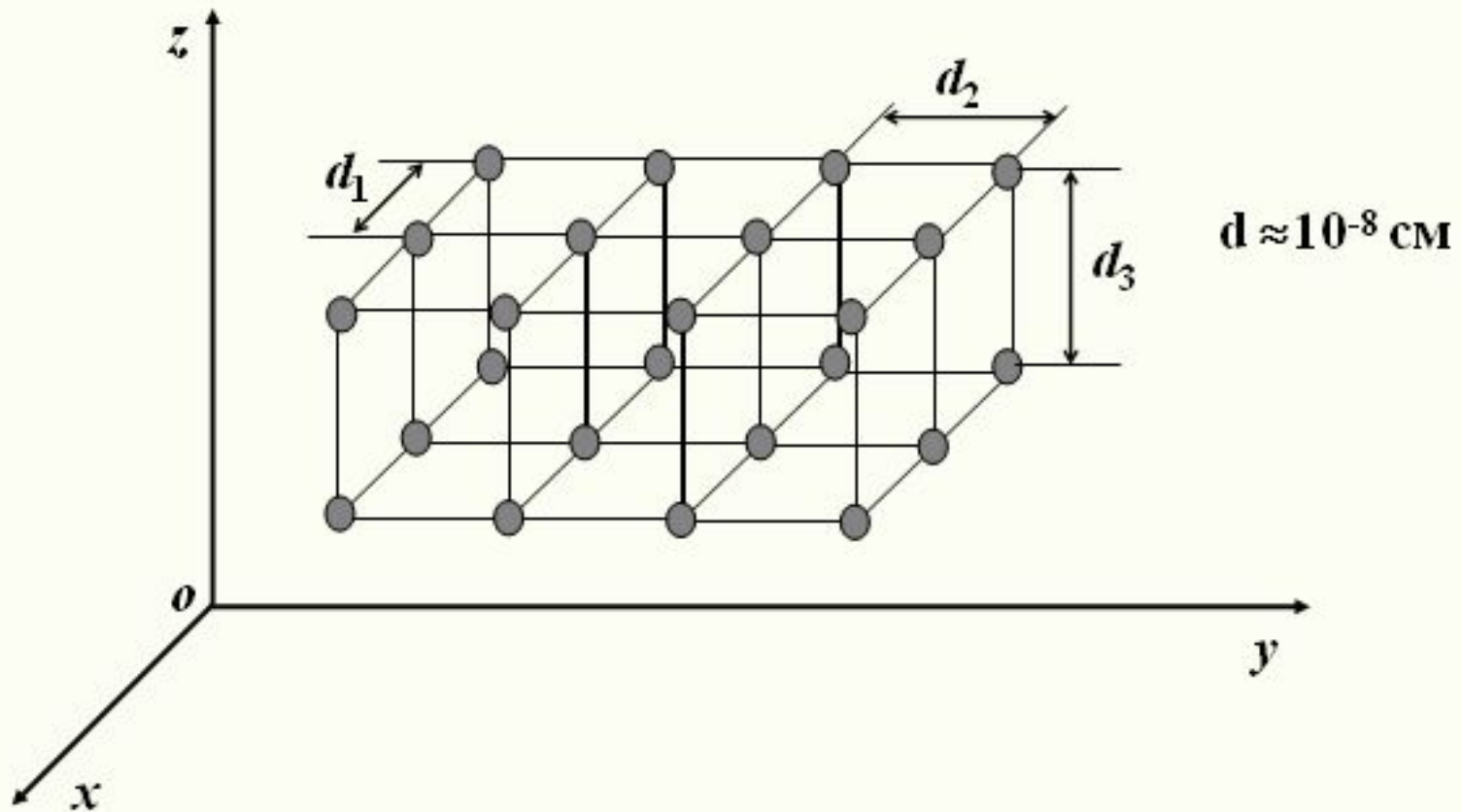


## Голография

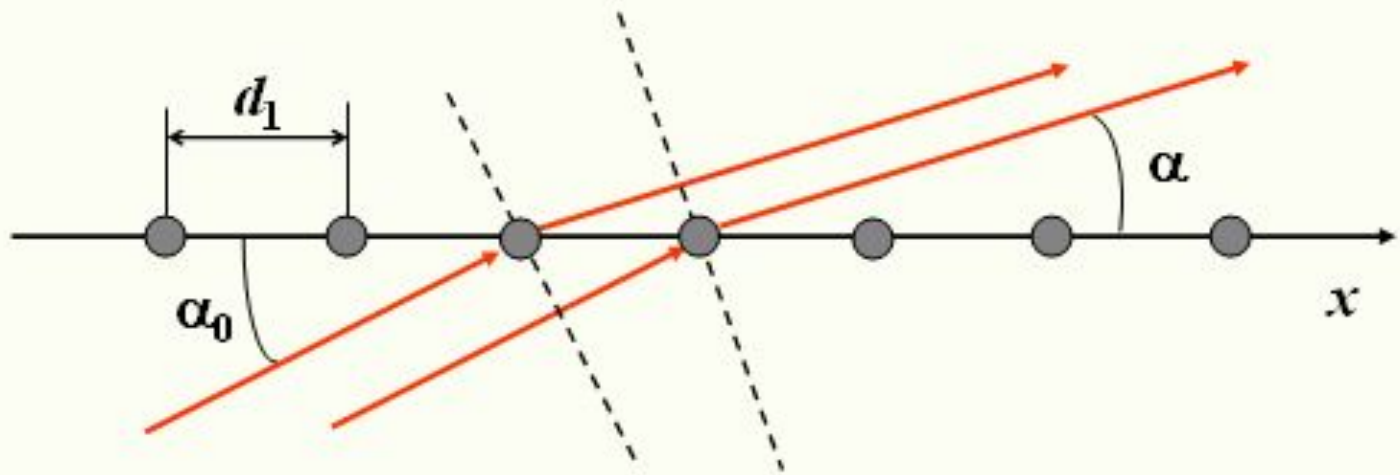
- **Физические основы голографической записи изображений**
- **Голографирование в плоских волнах**
- **Толстослойные голограммы**
- **Свойства голограмм**
- **Применение голограмм**



# Дифракция на пространственной решетке



# Формулы Лауэ



$$\Delta = d_1(\cos\alpha - \cos\alpha_0)$$

$$d_1(\cos\alpha - \cos\alpha_0) = k_1\lambda$$

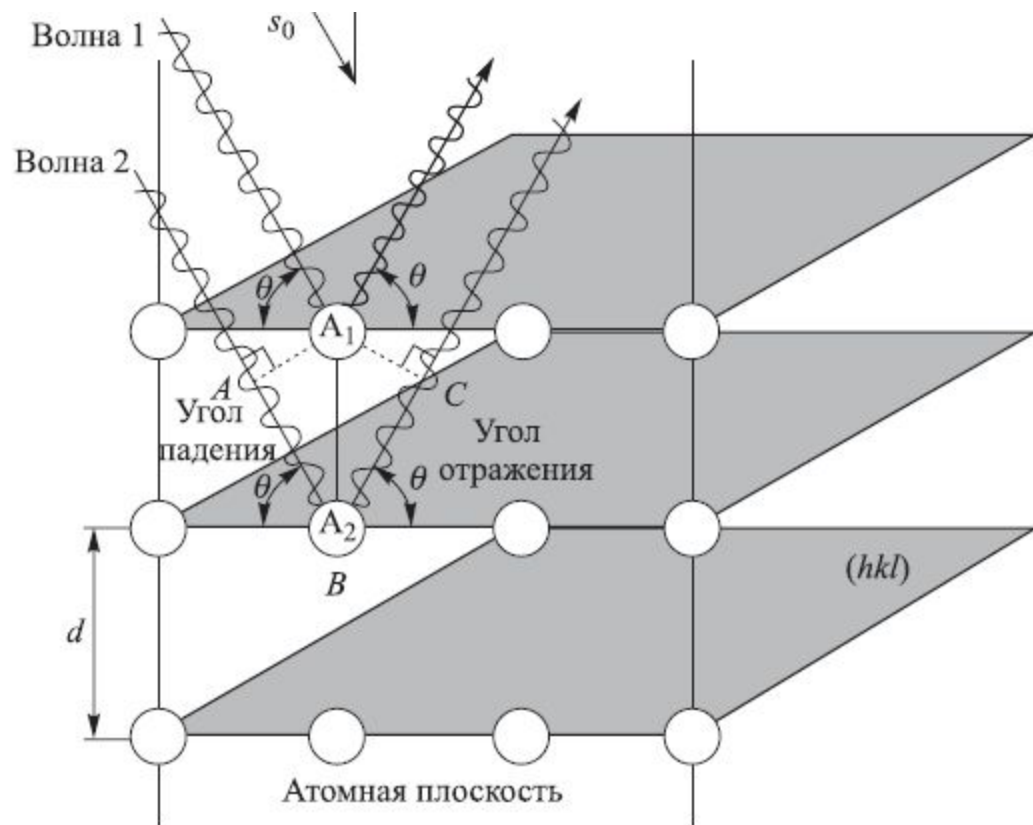
$$d_2(\cos\beta - \cos\beta_0) = k_2\lambda$$

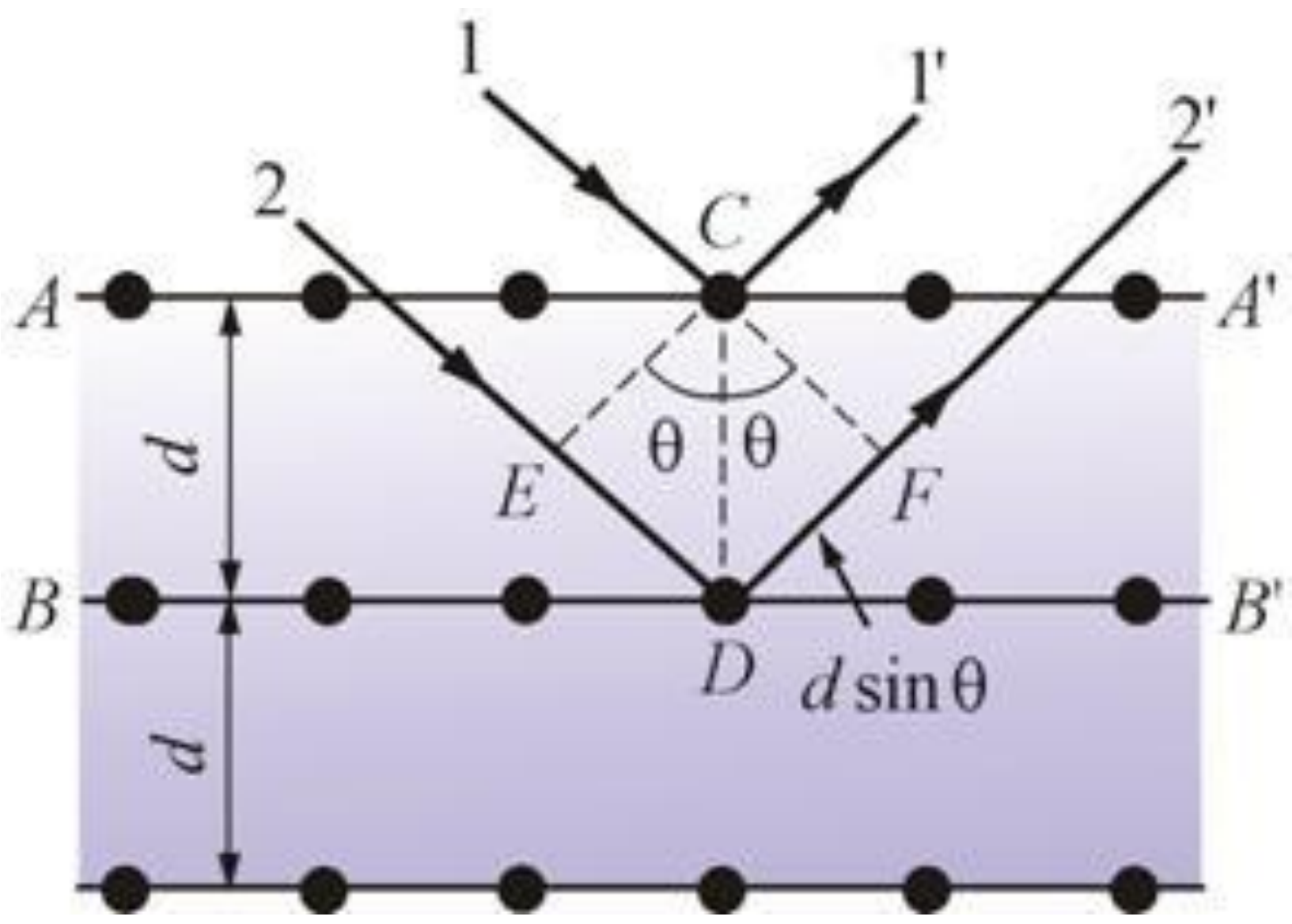
$$d_3(\cos\gamma - \cos\gamma_0) = k_3\lambda$$

$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$$

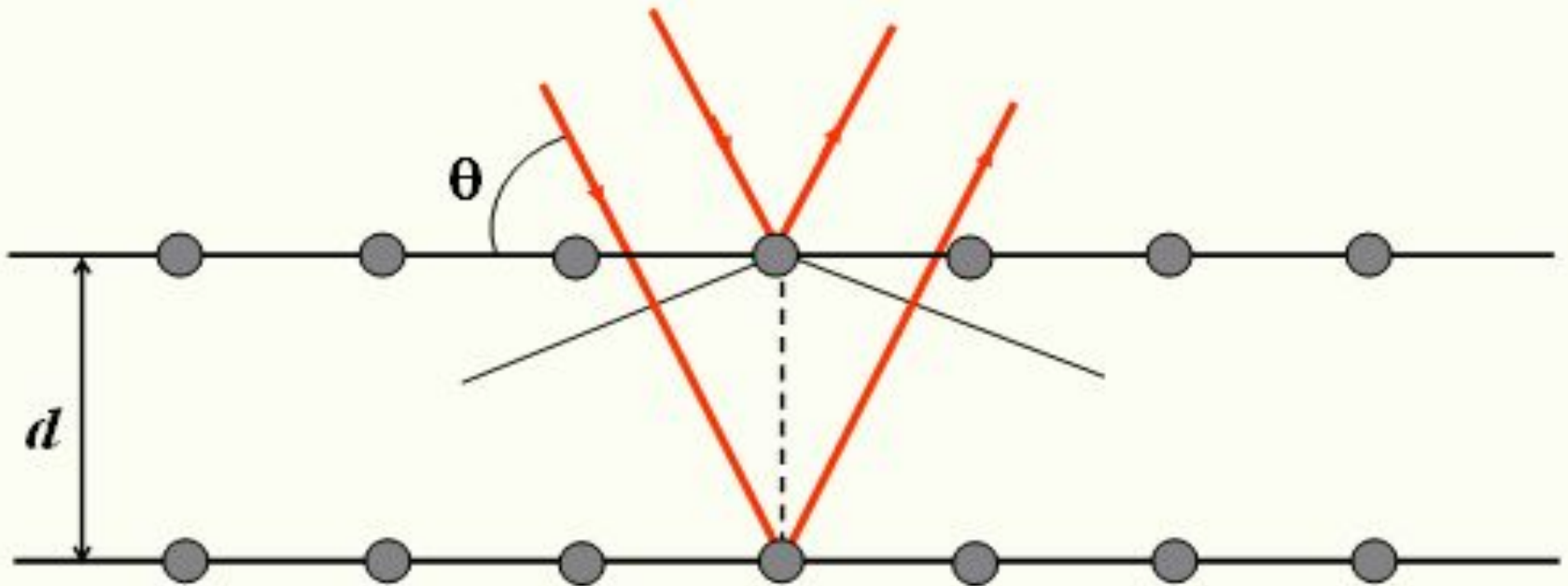
Условия максимума

- РИ можно рассм. как результат отражения падающего пучка от системы параллельных кристаллографических плоскостей. Из всей совокупности отраженных лучей лишь те, которые приобретают разность хода, кратную длине волны РИ, т.е. соответствующую условию Вульфа-Брэггов усиливают друг друга.





# Формула Вульфа-Брэггов



$$\Delta = 2d \sin \theta$$

$$2d \sin \theta = k\lambda$$

Условие максимума отражения

- Из формулы видно, что дифракция будет наблюдаться лишь при

$$d > \lambda / 2$$

- Т. е. при нарушении условия дифракционные максимумы отсутствуют.
- ***Условие оптической однородности кристалла:***

$$\lambda \geq 2d$$

# Голография - это

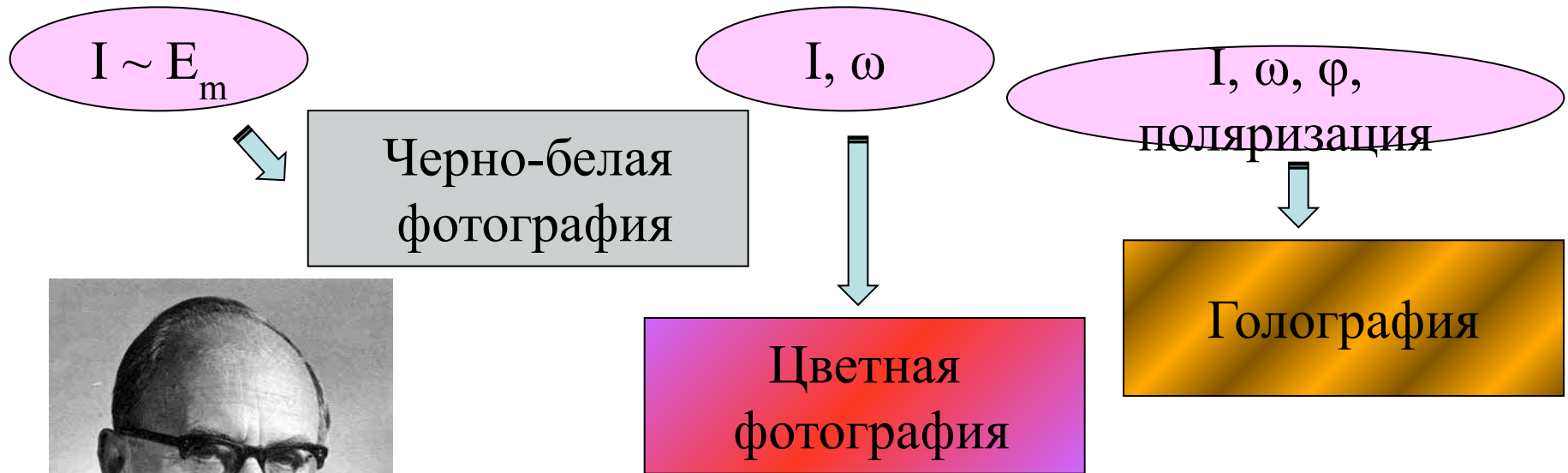
- **интерференционный** метод регистрации **СВЕТОВЫХ ВОЛН**, **дифрагировавших** на объекте, освещенном **КОГЕРЕНТНЫМ** светом.
- При этом дифрагированные волны должны проинтерферировать с согласованной с ними по фазе опорной волной.
- Голограмма содержит информацию и о **фазе** и об **амплитуде** дифрагированных на объекте волн.



# Физические основы голографической записи

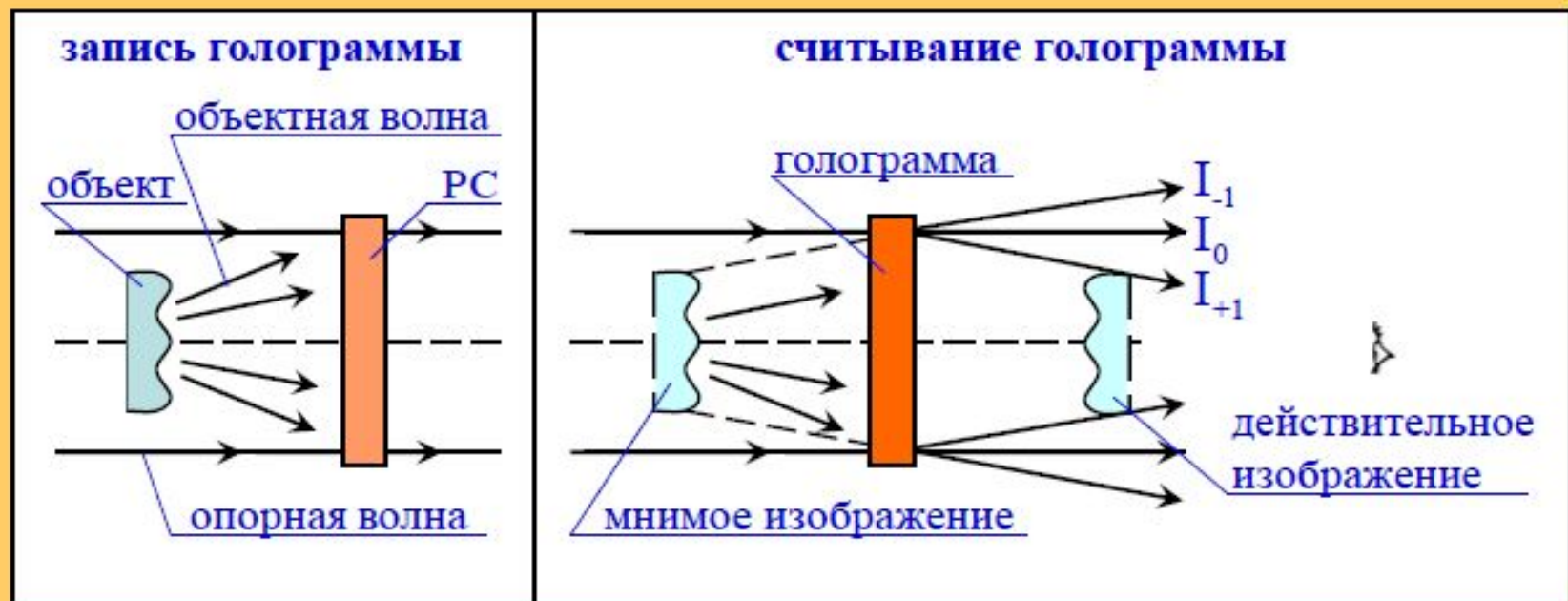


**Голография** (от греч. hólos – весь, полный и grapho – пишу, черчу, рисую) — полная запись, метод получения объёмного изображения объекта, основанный на интерференции и дифракции волн.



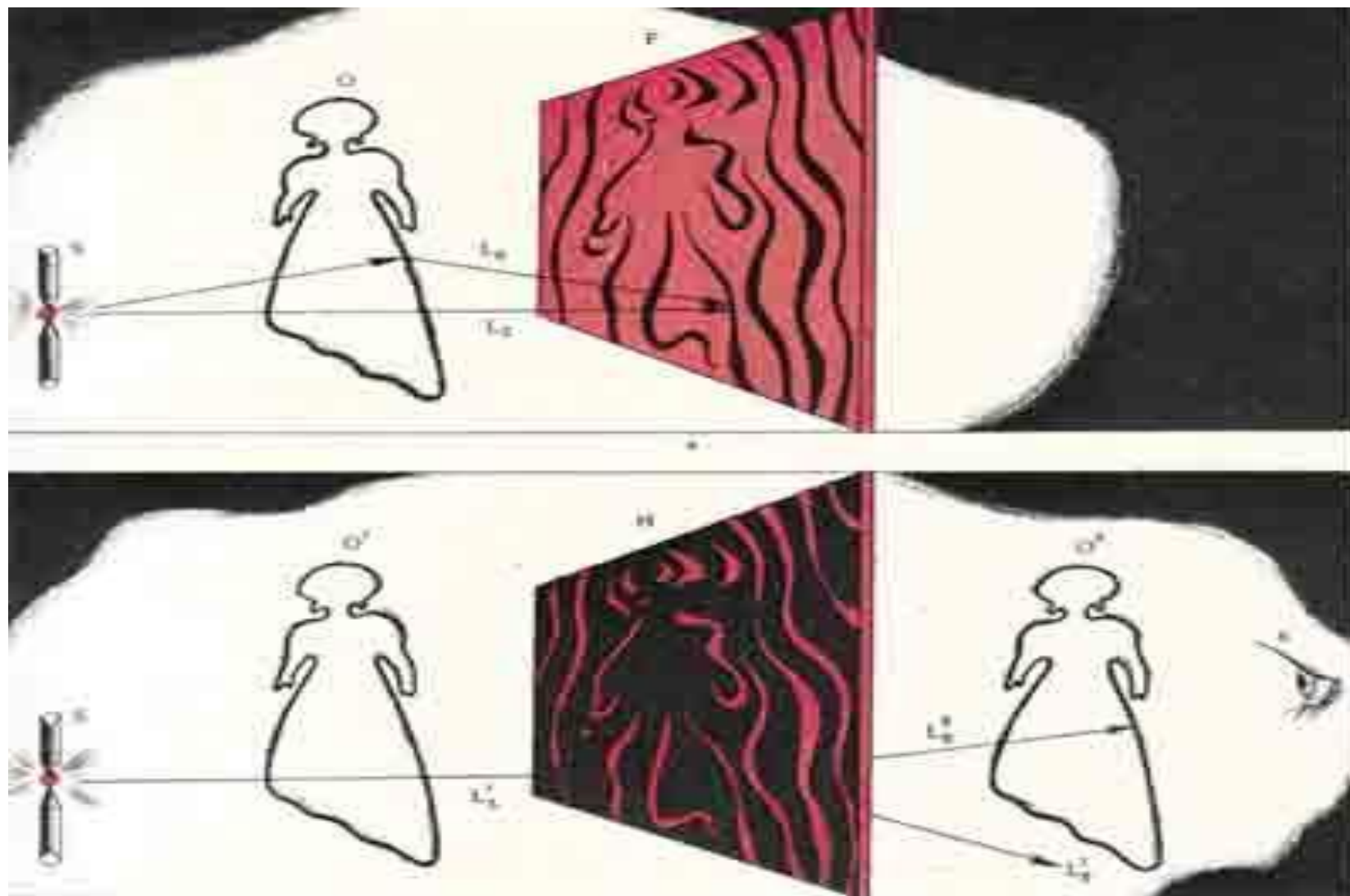
**Габор Деннис.** В 1948—51 построил общую теорию голографии и получил первые голограммы. Лауреат Нобелевской премии по физике 1971 г. «за изобретение и развитие голографического метода»

# Схема Габора



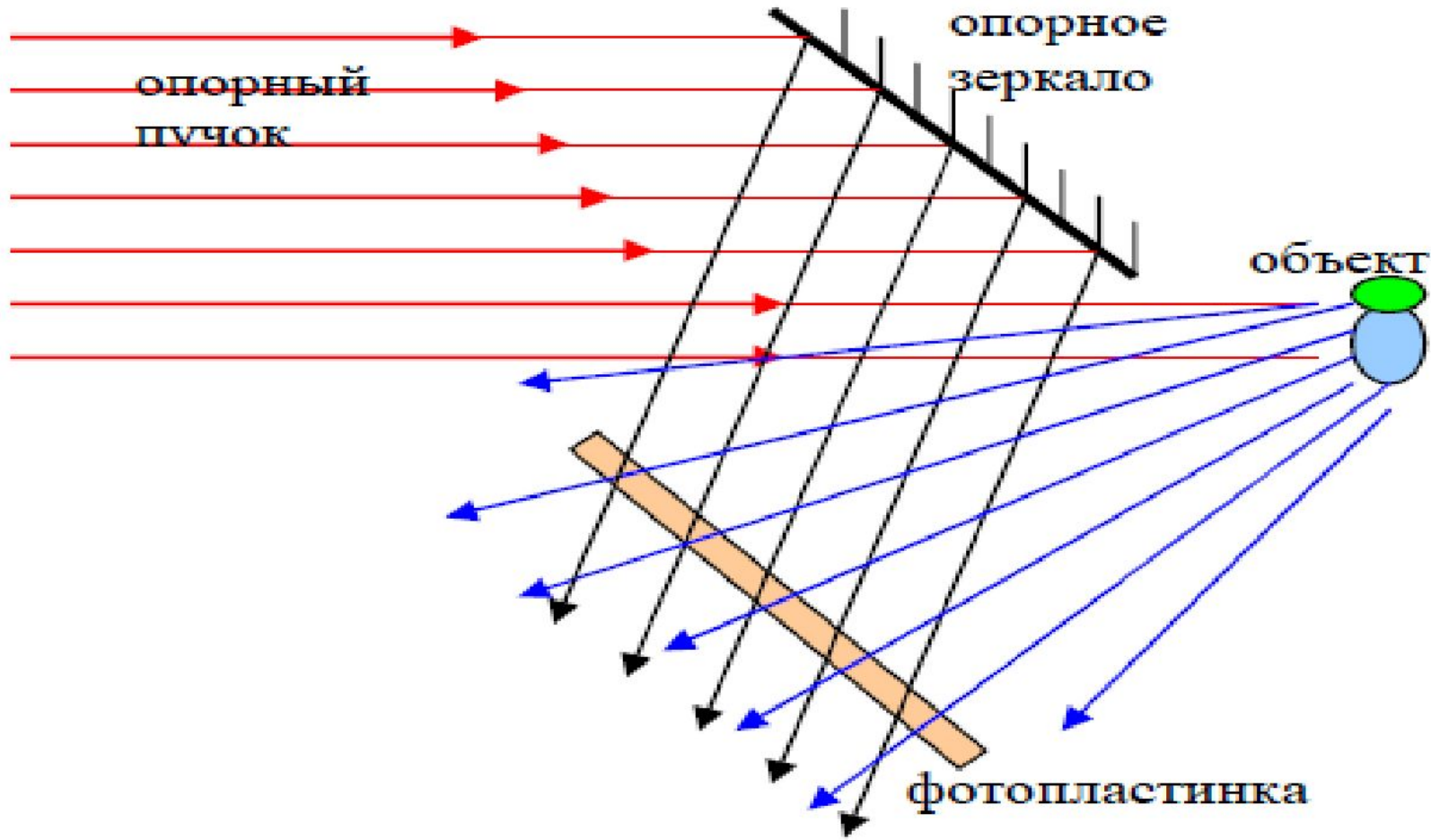
## Особенности схемы:

- ☺ впервые реализована идея «восстановления волн»;
- ☺ низкая пространственная частота регистрируемой интерференционной картины;
- ☹ при освещении голограммы наблюдаются два изображения, накладываемые друг на друга;
- ☹ возможна регистрация только прозрачных объектов;
- ☹ использование монохромных источников излучения при считывании.



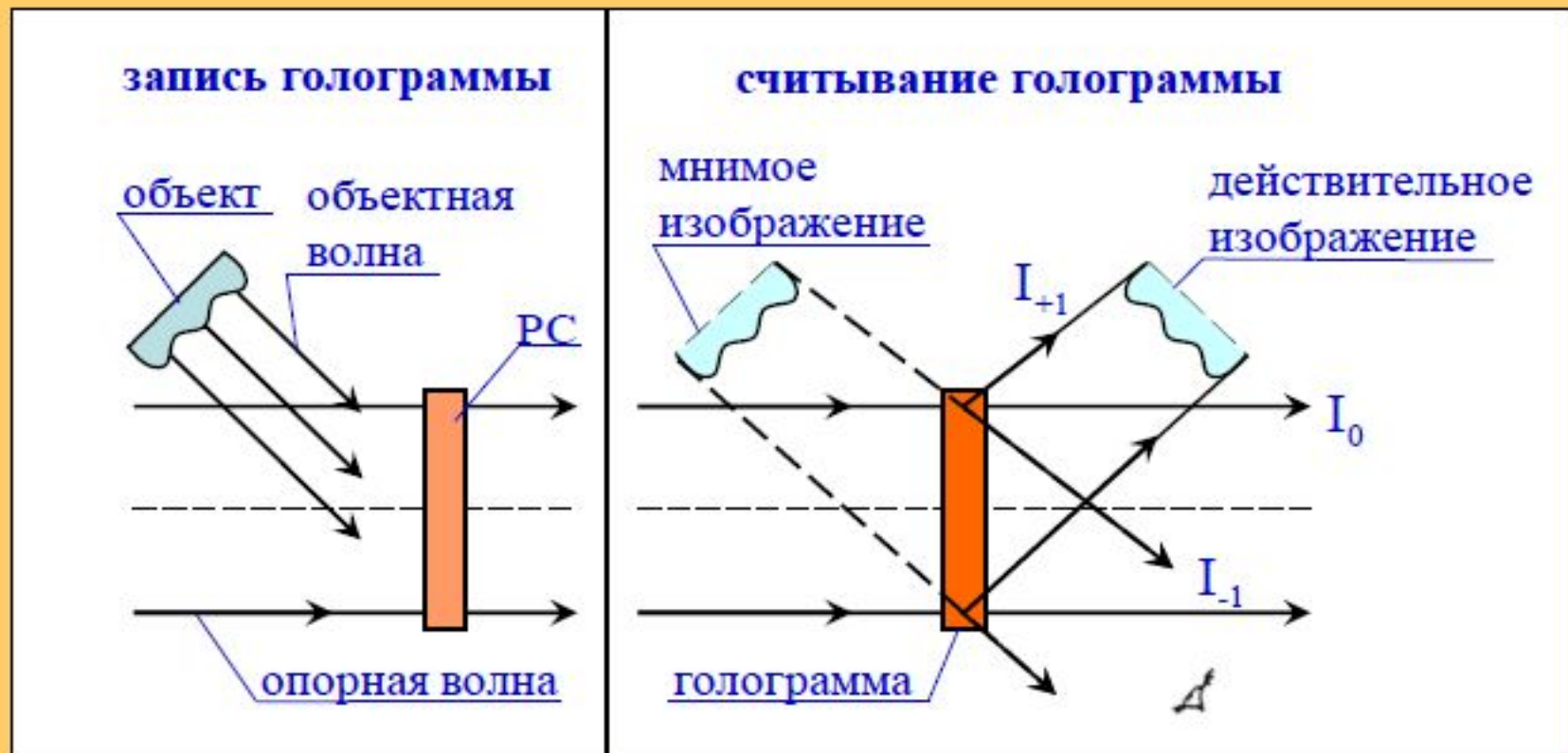
Схемы записи и реконструкции голограмм по методу Габора: а - схема записи, б - схема реконструкции.

# Внеосевая схема Лейта и Упатниекса 1960 г.





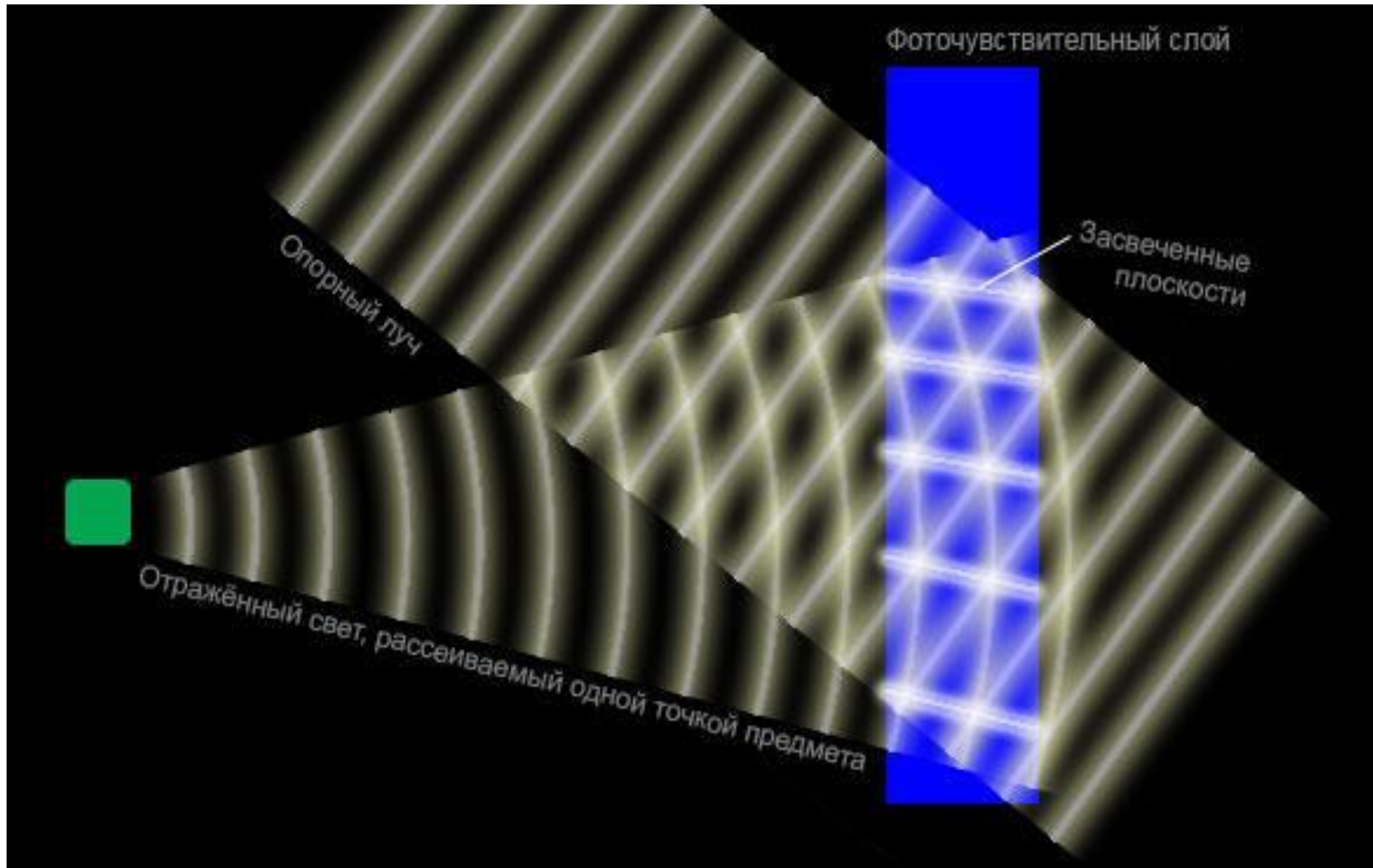
# Схема Лейта и Упатниекса



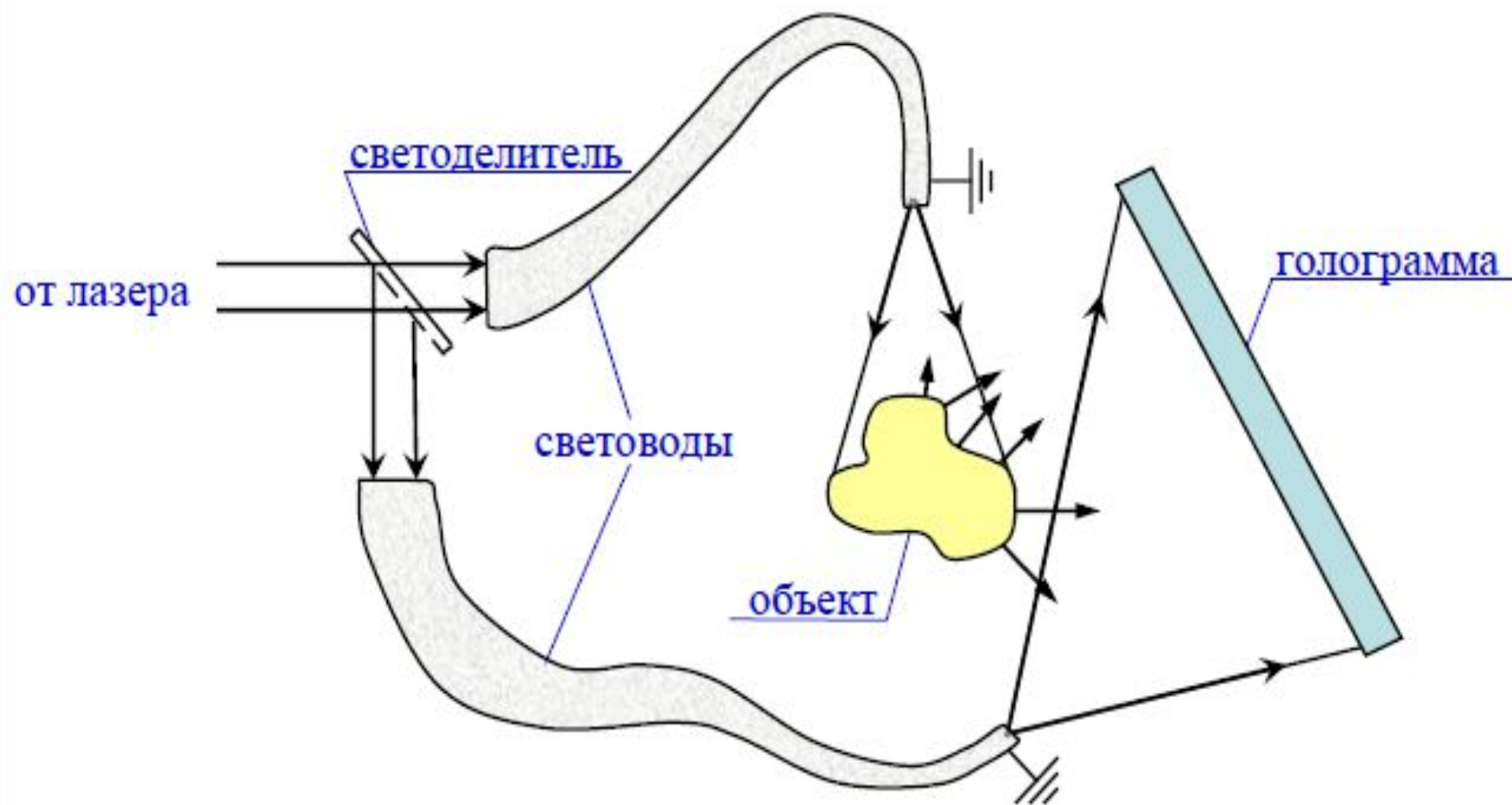
## Особенности схемы:

- ☺ возможность наблюдения только одного изображения;
- ☹ использование монохроматических источников излучения при считывании;
- ☹ более высокая пространственная частота интерференционной картины

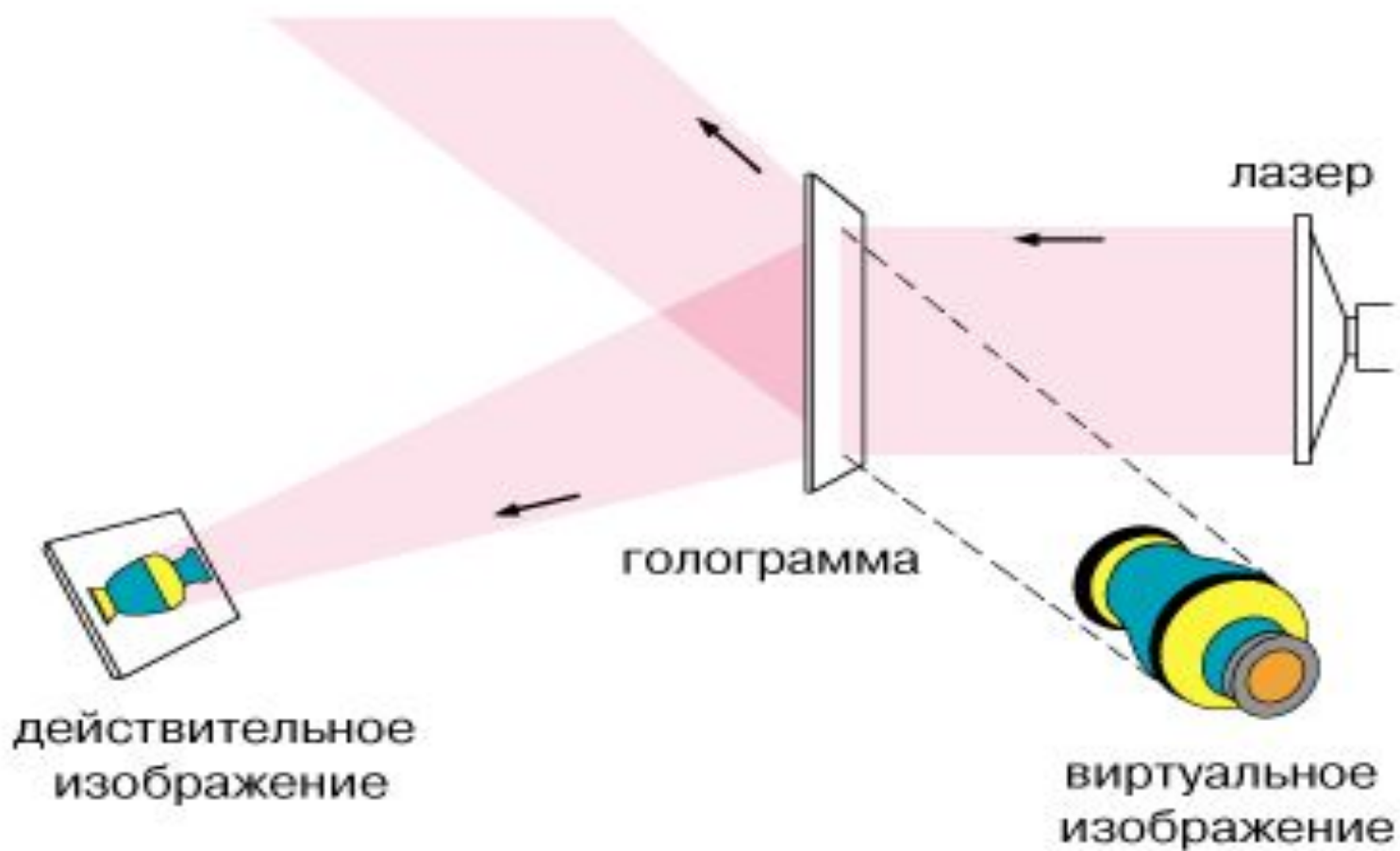
# Получение голограммы



# Использование световодов



# Восстановление изображения





## Объёмность голографических изображений



*Фотографии мнимого голографического изображения шахматных фигур, полученные при разных направлениях наблюдения*

# Голограмма Денисюка

- как фильтр, выбирает из широкополосного солнечного спектра только тот спектральный интервал, где её дифракционная эффективность максимальна.

# И.А. Ефремов «Звездные корабли»

«Оба профессора невольно содрогнулись, когда удалили пыль с поверхности пластинки. Из глубокого совершенно прозрачного слоя, увеличенное неведомым оптическим ухищрением до своих естественных размеров, на них взглянуло странное лицо . Изображение было сделано трехмерным, а главное, невероятно живым, особенно это относилось к глазам».

# Толстослойные голограммы Денисюка

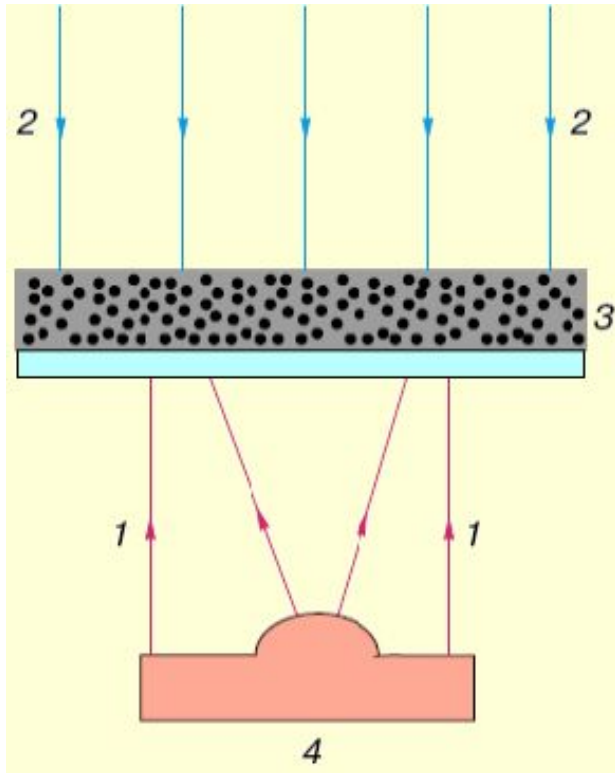


Схема записи

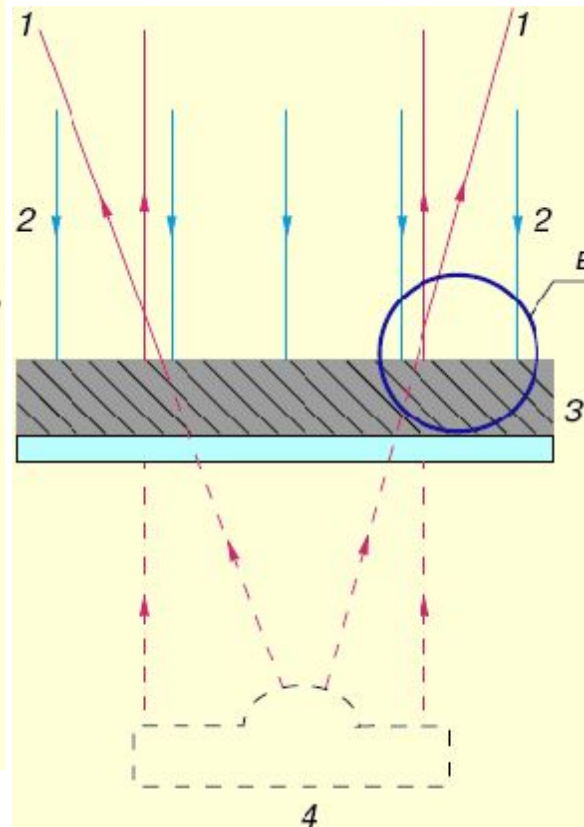


Схема воспроизведения

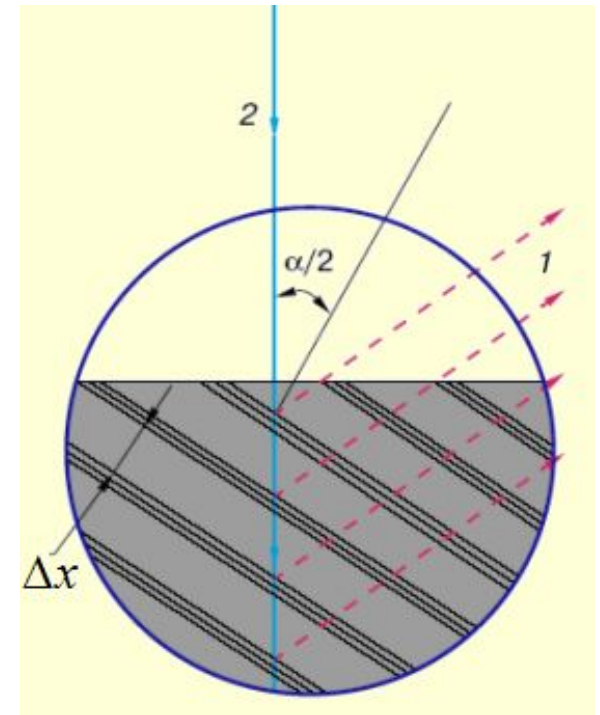


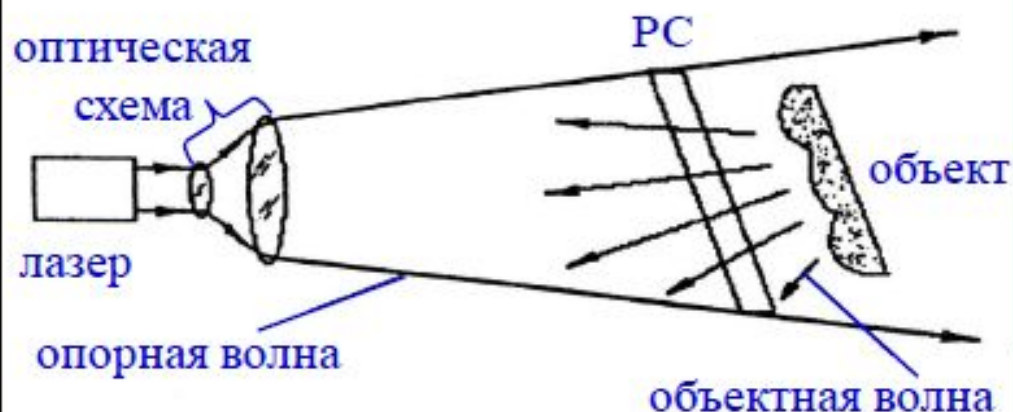
Схема интерференции  
отраженных волн

1,2 – предметная и опорная волны,  
3 – фоточувствительный слой, 4 - предмет

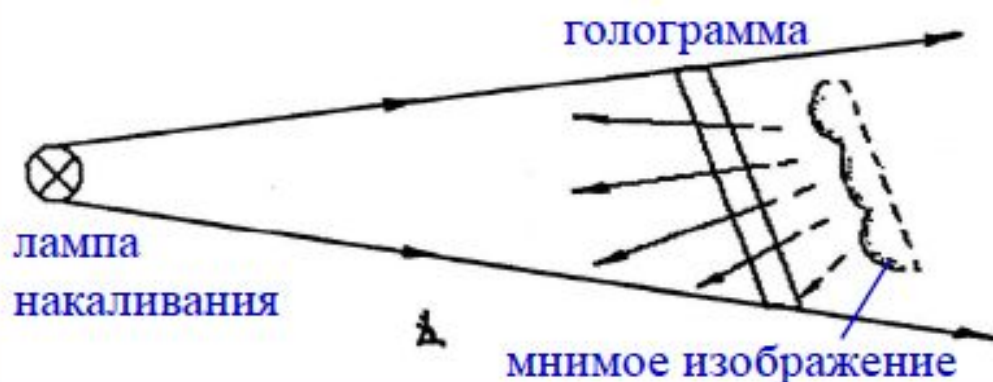
$$\Delta x = \frac{\lambda}{2 \sin(\alpha / 2)}$$

# Схема Денисюка

## Запись голограммы



## Считывание голограммы



## Особенности схемы:

- ☺ наблюдение изображения в белом свете;
- ☺ нечувствительность к вибрациям элемента «объект-РС»;
- ☹ Высокая разрешающая способность регистрирующей среды.

# Толстослойные голограммы

Денисюка. 1958 г

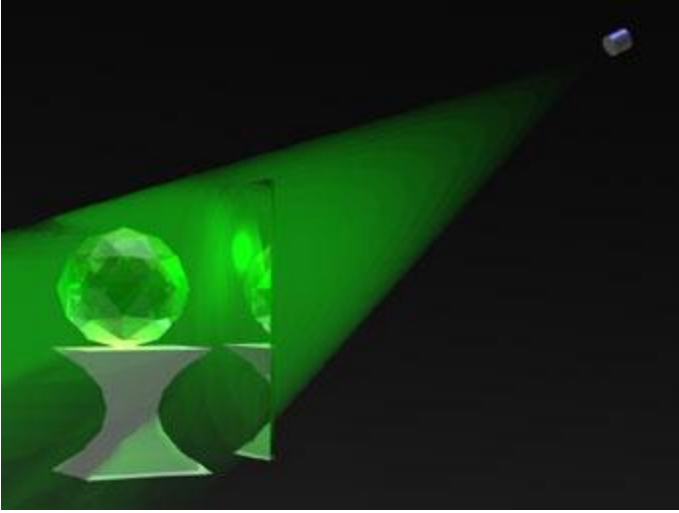


*Голографический портрет  
Ю.Н. Денисюка*



*Система плоскостей почернения  
является встроенным фильтром*

Преимущество - голограммы видны в обычном свете, при восстановлении голограмма действует как интерференционный фильтр.

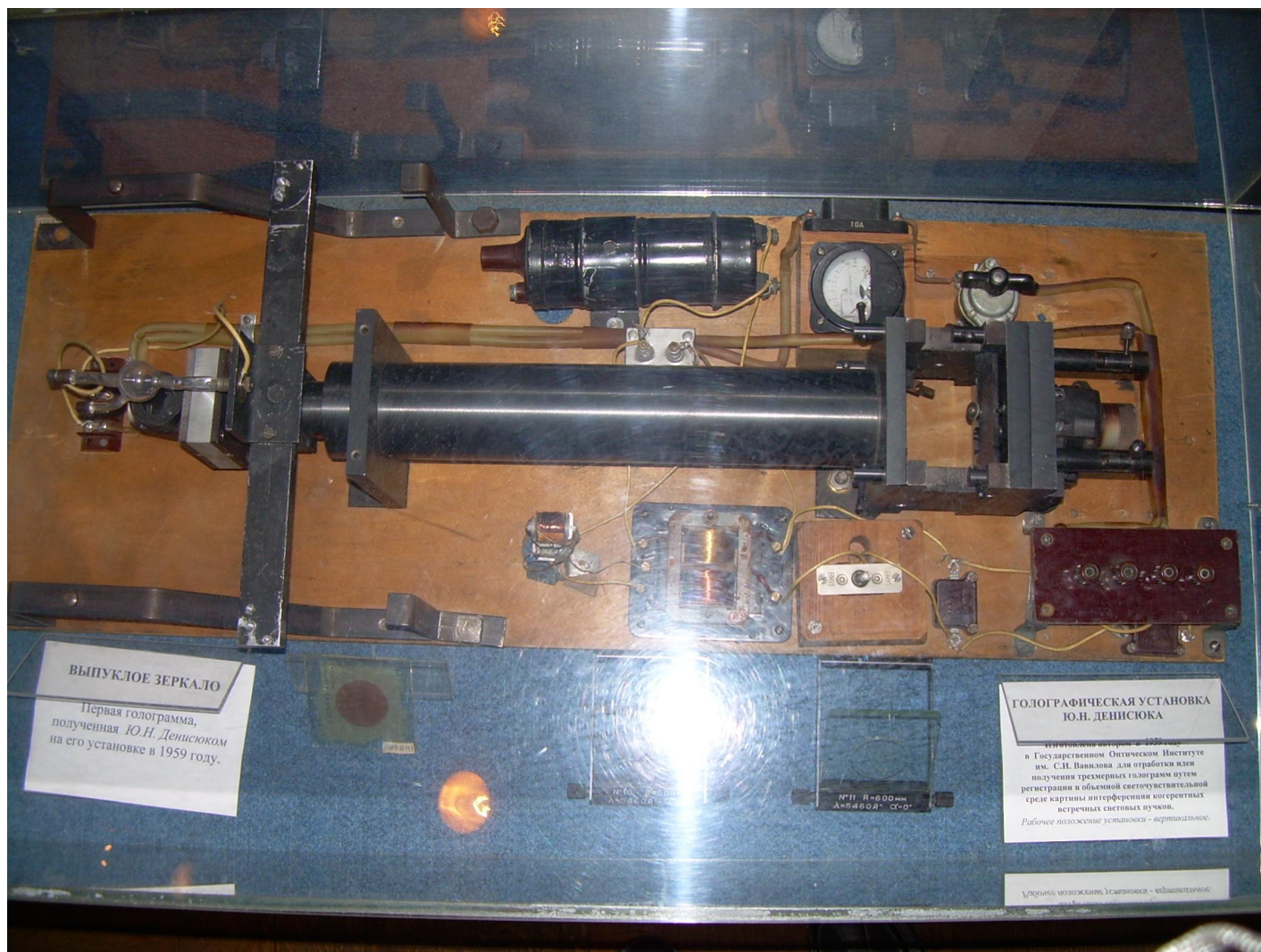




# Голограммы по схеме Денисюка







Голографическая установка Ю.Н. Денисюка, 1959г.,  
Москва, Политехнический музей

[ВИДЕО](#)

25

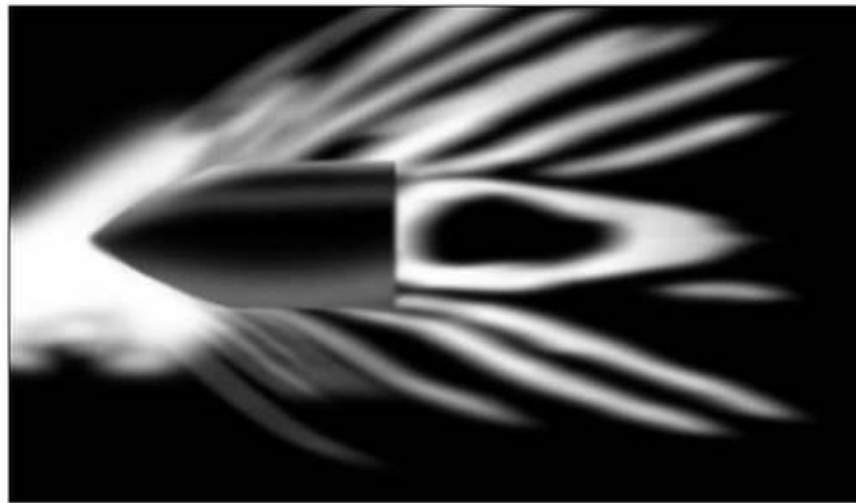
# Свойства голограмм



- Каждый участок голограммы содержит информацию обо всём объекте и поэтому позволяет восстановить полное изображение объекта. Следствием этого является высокая надёжность хранения информации, записанной в виде голограммы.
- При уменьшении размера голограммы  $D$  ухудшается лишь разрешающая способность изображения.
- При просвечивании голограмм можно изменить длину опорной волны  $\lambda$ . В этом случае наблюдаются 2 изображения, но на другом расстоянии  $H'$  от голограммы:  $H' = H \lambda_1 / \lambda_2$ .  $H$  — расстояние между объектом и голограммой при съёмке,  $\lambda_1$  — длина опорной волны при съёмке, а  $\lambda_2$  — при просмотре голограммы. Таким способом можно сделать видимыми изображения объектов, полученных с помощью радиоволн или инфракрасного, ультрафиолетового и рентгеновского излучений.

## Свойства голограмм

- При просмотре голограмм можно менять форму волнового фронта опорной волны. Освещая голограмму расходящейся сферической волной, можно наблюдать увеличенное изображение предмета. На этом основано устройство голографического микроскопа. Заменяя расходящуюся волну на плоскую можно уменьшить и приблизить изображение.
- Качество голографических изображений зависит от монохроматичности излучения лазеров, разрешающей способности фотоматериалов, условий съёмки. При использовании мощных импульсных лазеров (до  $10^{-9}$  сек) легко получать голограммы объектов, движущихся со скоростями порядка 1000 м/сек.



*Голографическое изображение летящей пули*

# Применение голографии

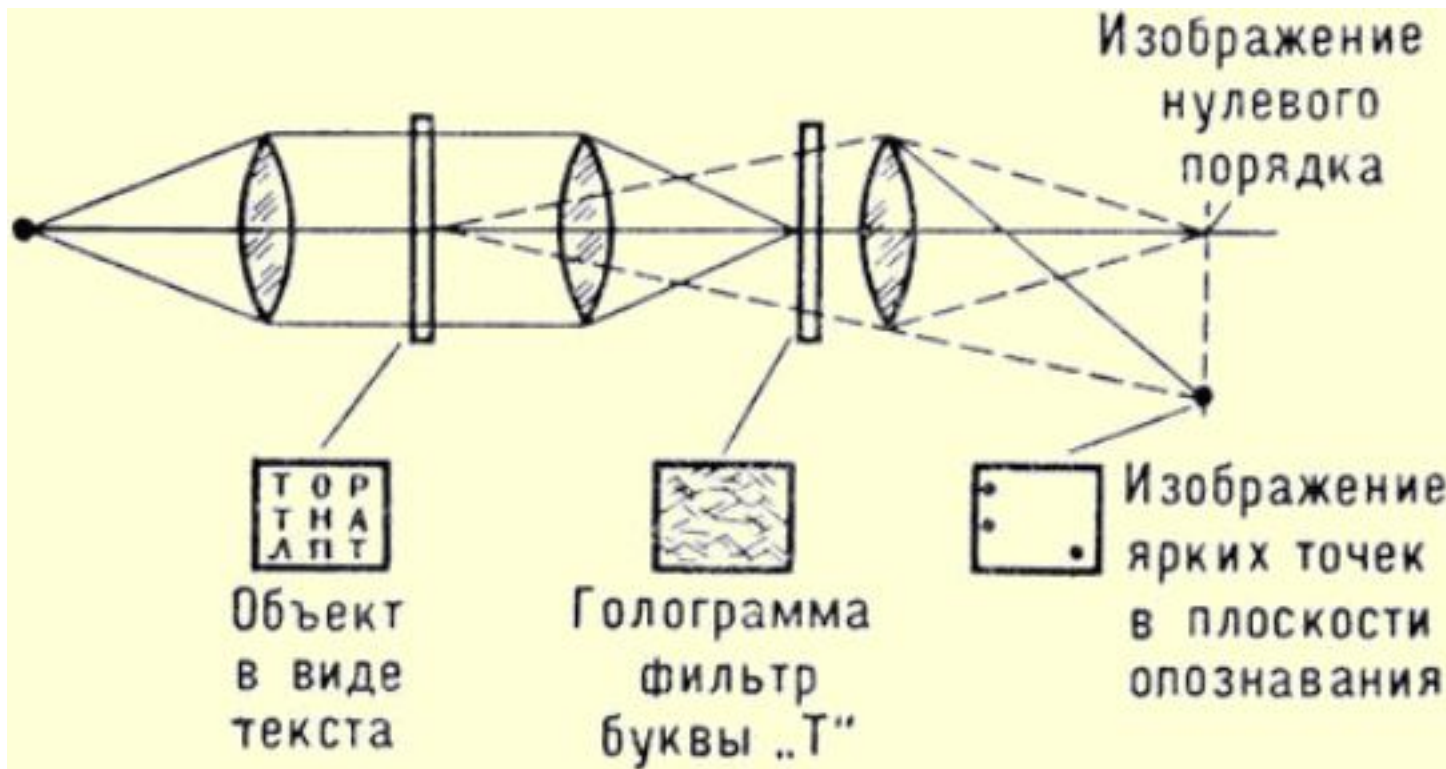
- Голографическая интерферометрия с цифровым восстановлением и обработкой данных
- Музейные выставки, художественная голография
- Создание объёмного цветного телевидения
- Голографические запоминающие устройства: создание новых систем памяти с большой плотностью записи: (до 100 Гбайт); планируют 1 Тбит/см<sup>3</sup>
- Голографические метки идентификации: банкноты, паспорта, кредитные карты

- **Голографические проекционные системы** для встраивания в ноутбуки, мобильные телефоны и прочие портативные цифровые устройства.
- **Голографические системы кодирования информации,**



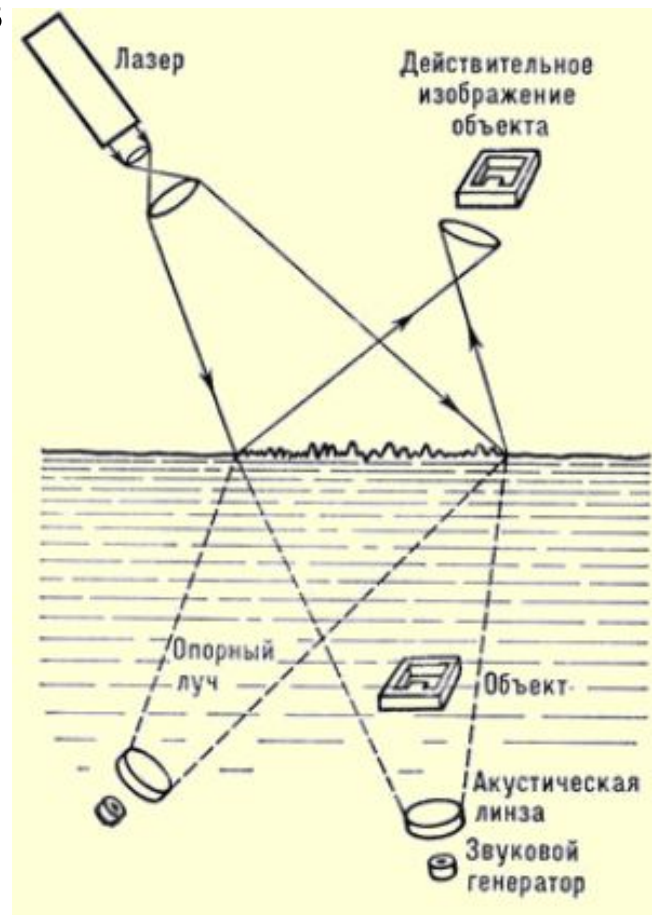
# Применение голографии

- Создание устройств для поиска заданной информации и опознавания образов (автоматическое чтение информации, классификация различных объектов, дешифровка сложных изображений, кодирование информации)



# Применение голографии

- Создание специальных «голографических объективов», заменяющих линзовые объективы и свободных от aberrаций, дифракционных решеток, светофильтров
- Создание акустических голограмм (в частности, для исследований внутренних органов животных и людей)
- Создание радужных голограмм (реклама, дизайн)

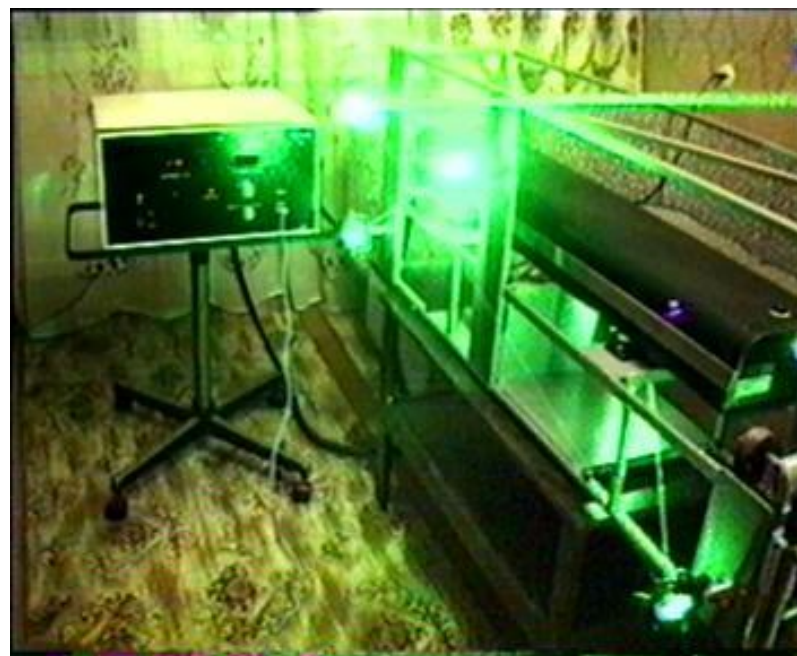


Голографическое звуковидение

# Применение голографии

**Импульсная голография** – возможность фиксировать и анализировать быстро протекающие процессы:

- изучение следов (треков) частиц
- изучение динамики распределения неоднородностей в туманах, жидкостях и других прозрачных средах
- интерферометрия - измерение малых (порядка долей мкм) деформаций объектов, обусловленных вибрацией, нагреванием, неразрушающий контроль изделий; исследование взрывов, ударных волн



*Импульсная голографическая установка «Green Star»*



# Голограмма

