

ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ ХИМИКО-ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ ПРО-
МЫШЛЕННОСТИ

ИНСТИТУТ КИБЕРНЕТИКИ АКАДЕМИИ НАУК Гр. ССР

Эд. Валента

ФОТОГРАФИЯ В НАТУРАЛЬНЫХ
ЦВЕТАХ

Часть I-ая. СТАРЫЕ ФОТОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ И ЛИППМАНСКИЙ
СПОСОБ ПРЯМОЙ ЦВЕТНОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ
ФОТОГРАФИИ

Перевод Б.К. Берзина со 2-го немецкого издания
(Галле, 1912г.)

Под редакцией Н.И. Кириллова.

О ГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	Стр. 1
I. Старые Фотохимические способы, основанные на свойствах "субгалоидов" серебра воспроизводить цвета.	3
2. Попытка разъяснения возникновения цвета в старых фотохимических способах получения цветных изображений.	7
3. Получение цветных фотографий по интерференционному способу Габриэля Липпманна.	17
4. Теоретические данные об образовании цветных изображений в липпманском способе.	25
5. Последующие опыты по получению цветных фотографий по способу Липпманна. Опыты Твинга и Люмьера.	38
6. Опыты автора по изготовлению желатиновых сухих пластинок, пригодных для получения цветных фотографий.	41
7. Применение липпманского способа для воспроизведения смесей цветов в их изображениях.	54
8. Опыты Нейгауза и Лемана. Аппаратура для цветной съемки по интерференционному способу.	55
9. О воспроизведении и корректировании цвета в липпманском способе цветной фотографии. Возможные искривления в передаче цвета.	62
10. Некоторые средства для исправления и изменения цвета получаемых изображений.	69
II. Опыты по получению цветных фотографий по липпманскому способу с бессеребряными фотоматериалами.	71
12. Рассматривание и проекция липпманских цветных фотографий.	72

ПРЕДИСЛОВИЕ

Монография Эд. Валента "Фотография в натуральных цветах" (2-ое издание, Галле, 1912г.) в своей первой части включает в себя изложение интересных данных об известном способе прямой цветной интерференционной фотографии, разработанном в конце прошлого века французским физиком Габриэлем Липпманом. Данный способ является прообразом современной голограммии и с ним следует связывать её первое рождение. Вместе с тем, способ Липпмана имеет и свою интересную предисторию в виде старых фотохимических способов получения цветных изображений, которые также достаточно подробно излагаются в монографии Э. Валента.

В связи с вышеизложенным представлялось интересным и полезным ознакомление научных и инженерно-технических работников, занимающихся исследованиями и разработками в области голограммии, с I-ой частью указанной монографии Э. Валента.

Нельзя при этом не отметить, что многое, применявшееся в способе Липпмана, в той или иной мере и с некоторой модернизацией используется в современной голограммии. Это прежде всего относится к особомелкозернистым высокоразрешающим фотоматериалам для голограммии, основой которых служат так называемые "беззернистые" (с зернами, невидимыми в обычном световом микроскопе), слабоопалесцирующие липпманские эмульсии, применению бессульфитного пирогаллолового проявителя при обработке голограмм, их отбеливанию для повышения

дифракционной эффективности и др. Небезинтересны также данные о выпускавшихся в свое время разными фирмами /Цейсс Икон, бр. Льюис и др./ различных принадлежностях и материалах для осуществления липпманского способа цветной интерференционной фотографии, его теоретических основах и др.

Перевод рассматриваемой монографии Э. Валента выполнен Берзином Б. К. с сохранением по возможности текста оригинала без какихлибо серьезных поправок, в том числе и в применяющейся терминологии. В связи с этим в переводе сохранились (без особых примечаний и замечаний) существовавшие более пятидесяти лет назад научно-технические взгляды по рассматриваемым вопросам, некоторые из которых в наше время стали устаревшими или заменились новыми.

Все это, естественно обуславливало большие трудности как при выполнении перевода, так и при его редактировании, которое в основном носило общий характер и не затрагивало изменившиеся воззрения по рассматриваемым вопросам, что может быть восполнено самим читателем. Однако данное обстоятельство ни в коей мере не может снизить большой практический интерес и полезность излагаемого малоизвестного фактического материала, который, по-существу, не освещался в голографической литературе.

Н.И.Кириллов

1971г. 20 октября.

I. Старые фотохимические способы, основанные на свойствах "субхлоридов" серебра воспроизводить цвета.

Для получения цветных изображений при фотографировании в натуральных цветах ~~—~~ применялись различные способы. Старейшие из них основаны на особенности "субхлорида" серебра под воздействием света изменяться с воспроизведением при этом цвета.

Это свойство хлорида серебра было давно известно; первое указание об этом можно найти в прочитанной немногими книге Гёте "Учение о цвете" (*Goethes Farbenlehre, Bd 36, § 421*).

В этой книге указано, что Зеебеком в 1810г. был констатирован тот факт, что влажное серебро при освещении цветными лучами в некоторых условиях принимает соответствующий цвет.

"Субхлорид" серебра является соединением серебра с хлором, содержащим удвоенное количество серебра по сравнению с ^{хлористым} обычным серебром. Гюнцем (*Compt, rend/ 1831, Bd 92, 261*), открывшим субхлорид серебра (Ag_2Cl), он представляется в качестве чистого химического индивидума, который получается действием на эту соль (Ag_2F) хлористого водорода.

"Субхлорид" серебра (Ag_2Cl) назван Карей-Ли "фотохлоридом". Он образуется при действии хлора, хлорной меди (CuCl_2) или хлорного железа (FeCl_3) на серебро. Беккерель *Annales de chimie et physique* 3^{me} *part* 22, 23, 42) и после него Ниссе (*Compt, rend, de l'Academie de Sciences, Paris, 1831* в. 41) изготавлия эти способом светочувствительные пластиинки.

Они подвергали серебряные или посеребренные мединые пластиинки действию хлора в момент выделения (за счет чего пластиинки покрывались темным слоем "субхлорида" серебра) или купали пластиинки в растворах хлорной меди или хлорного железа (CuCl_2 или FeCl_3). При этом наряду с "субхлоридом" серебра образовывались хлористые медь и железо низшей степени окисления (т.е. Cu_2Cl_2 и FeCl_2).

Пластинки, обработанные по рассмотренному способу, в особенности если их предварительно нагревали, воспроизводили правильно натуральные цвета солнечного спектра, но полученное изображение исчезало на свету при этом его невозможно было зафиксировать известными способами.

Пуатевин *Comptes rendus de l'Academie des Sciences Paris nos. 161, 1855* использовал второе из соединений серебра, т.е. его "субхлорид". Вместо пластинок он применял бумагу, которую покрывал слоем хлористого серебра, путем её купания, сначала в растворе поваренной соли, а затем, в растворе нитрата серебра. После этого он превращал хлористое серебро в полуchlористое действием рассеянного дневного света на полученную бумагу, погруженную в раствор хлористого цинка.

Бумага при такой обработке окрашивается в сине-фиолетовый цвет, при этом хлорид серебра отдает хлор хлористому цинку, превращается в полуchlористое серебро и становится светочувствительной. Пуатевин знал, что светочувствительность таких бумаг могла быть повышена при их обработке в известных растворах. В качестве последних он упомянул раствор сульфата меди с бихроматом калия.

Фотографии полученные по способу Пуатевина являлись вообще мало сохраняемыми и все известные средства сделать их сохраняемыми (отфиксировать) оказывались непригодными.

Приблизительно 20 лет назад Верес в Клаузенбурге *(Edes Jahr 6 f. Photoz. 1891, № 53)* пытался получить цветные изображения по принципу Пуатевина с помощью "субхлорида" серебра. Он наносил его на бумагу в виде эмульсии. Однако эта работа также не привела к удовлетворительному результату.

В 1891г. в Мюнстере Швейцарский ученый Копп взялся за совершенствование способа Пуатевина и в некотором роде его модифицировал. Это дало повод к надежде достичь желаемых результатов. Но Копп умер в 1891г. Я пытался воспроизвести его способ и в свое время мне удалось получить на подложке белого цвета хорошее прямое изображение спектра. Ни одним другим способом я не был в состоянии достичь такого результата. Я хочу описать полученный мною результат.

Копп покрывает свою бумагу слоем из хлористого серебра, посредством плавания бумаги на поверхности растворов поваренной соли, затем азотнокислого серебра и еще раз поваренной соли. После этого бумага хорошо про-

мывается и освещается диффузным дневным светом настолько долго, пока она не примет под следующим раствором сине-зеленый цвет:

Хлористый цинк	0,15 г.
Серная кислота	2 капли
Вода	150 г.

Не следует допускать перехода за сине-зеленый цвет.

Бумагу промывают и сушат между фильтровальной бумагой; она сохраняется долго. Чтобы сделать её восприимчивой ко всем цветам, включая белый и черный её подвергают следующей обработке, для чего приготавливают горячий раствор:

Чистый бихромат калия	15 гр.
Сульфат меди	15 г
Вода	100мл

Затем растворяют в порошок 15г азотнокислой соли окиси ртути и растворяют её в минимальном количестве воды подкисленной слабо азотной кислотой. Полученный раствор приливают при перемешивании в выше приведенный кипящий раствор. При этом образуется красный осадок, который после охлаждения отфильтровывают и фильтрат приводят точно к объему 100мл или добавлением воды, или упариванием. Данный раствор в закрытом сосуде сохраняется хорошо. В него погружают на 1/2мин. полученную сине-зеленую бумагу (см. выше) причем она обесцвечивается. После полного высыхания её переносят в трехпроцентный раствор хлористого цинка и выдерживают в нем с покачиванием до тех пор, пока она снова станет синей. Затем её хорошо промывают в проточной воде, поверхность её осушают между фильтровальной бумагой и еще влажную экспонируют.

После экспонирования, продолжительность которого легко определяется опытом, получают желтые и зеленые цвета вполне четко, однако другие цвета покрыты желтой вуалью и должны быть проявлены. Чтобы при такой обработке желтые и зеленые места не изменились, их следует соответственно защитить лаком. После каждого нанесения лака его следует подогреть над огнем, чтобы он наносился равномерно. Высулленное изображение (фотографию) погружают при покачивании в проявочную ванну состоящую из двухпроцентного раствора серной кислоты при этом все цвета в том числе и белые становятся ясными. Далее следует промывка в проточной воде и сушка между фильтровальной бумагой. Для фиксирования полученное изображение погружают на

5 минут в раствор супемы, в котором образовавшиеся цвета исчезают. Для их восстановления применяется еще раз обработка в проявленной ванне до тех пор, пока изображение снова не появится. Для защиты полученного изображения применяют раствор гумиарабика с пятипроцентным раствором серной кислоты. После фильтрации этим раствором покрывают изображение.

Это описанное исследование я повторил в 1892г. и получил также результаты, что я достиг по описанию английского патента (*Photogr. Konsessr. 1892; см. также Eders Jahrb. f. Photogr., 1893, S. 432*).

Для приготовления светочувствительной хлоросеребрянной бумаги вначале я воспользовался методом Коппа, по которому потускнение бумаги проводится на свету под очень разбавленным раствором хлористого цинка. В результате ряда опытов я нашел, что для этого лучше применять раствор нитрита натрия в воде (от 0,5 до 1г в 100мл воды). При такой прописи по Коппу возможно получить на бумаге хорошие изображения солнечного спектра, в то время как при применении стеклянных пластинок желтые и синие цвета выводят часто неудовлетворительно. Это может происходить из-за того, что данные цвета большей частью являются смесью цветов.

Желтый цвет, который на стеклянной подложке чаще всего получается чистым, вызван, вероятно не отмытым из бумаги двухромо-кислым калием и по этому он не соответствует получаемому цвету (фотографически) желтого (при изображении спектра этот цвет хорошо распознаем). Однако, получаемые таким способом изображения к сожалению, до сих пор не могут . . . фиксироваться (закрепляться).

Несмотря на недовершенство описанного метода, он является прекрасным экспериментом, для того чтобы видеть, как быстро происходит само по себе выцветание сенсибилизированной бумаги от сине-серого до светло-желтого цвета под влиянием белого света, с возникновением при этом цветов, похожих на те, которые на нее действуют при экспонировании. Полученные мною цветные фотографии солнечного спектра экспонировал в течение 30 мин. ^{пред} сильно раскрытой щели спектрографа Штейнхайля снабженного собирающей линзой диаметром 10см. Цвета получались заметно лучше, чем на бумагах, изготовленных по Пуатевину или Валло.

В процессе Колла могут применяться также хлоросеребряные эмульсии, но они не должны содержать избытка нитрата серебра или лимонной кислоты и др. Если эти эмульсии изготовлены не с избытком хлорида, то политую ею бумагу следует сначала обработать в разбавленной соляной кислоте и затем в растворе хлористого цинка. Можно также применять хлоросеребрянную колодционную (целоидиновую) бумагу, и хлоросеребрянную желатиновую (аристотипную) бумагу. Потускнение хлоросеребрянной эмульсии на свету (для образования фиолетового "субхлорида" серебра) можно ускорить добавлением в эмульсию гидрохинона. Китц констатировал, что так называемая бумага Обернеттера (хлоросеребряная жёлатиновая бумага фон Бюлер в Мюнхене) при экспонировании под цветным стеклянным изображением воспроизводит цвета, если её предварительно завуалировать до потускнения (*Eder, Jahrg. f. Photozg., 1894*). Соль цинка или раствор нитрита натрия, под действием которых потускнение происходит само по себе, действуют и здесь благоприятно. Полученную таким образом бумагу промывают, сушат и перед употреблением сенсибилизируют раствором хромовой ртути как описано выше.

2. Попытки разъяснения возникновения цвета в старых фотохимических способах получения цветных изображений.

На основании опытов многих исследователей не приходится сомневаться в том факте, что цвета падающих лучей воспроизводятся всеми способами основанными на употреблении "субхлорида" серебра (см. выше).

При этом Беккерель доказал идентичность цветов солнечного спектра в получаемых изображениях при фотографировании Фраунгофера- вых линий. Если такое изображение спектра с изолированными друг от друга отдельными цветами внести в светящийся спектр и двигать его в прямом и обратном направлениях, то можно заметить, что в одной части изображение кажется много ярче, чем в каждой другой его части (*Vassal, Annales de chimie et de physique, III Serie, Bd. 42, S. 97*) Это показывает то, что лучше отражаются те лучи, которые по способности их преломляться являются такими же как те, которые были сфотографированы.

Идентичность получаемых цветов в большинстве снимаемых фотографий спектра не абсолютны, и находятся в пределах точности опыта.

Те цвета, которые получаются смешиванием некоторых исходных, воспроизводятся значительно хуже и обнаруживают заметное отклонение от исходных цветов. Данный факт объясняется очень легко тем, что простые цвета действуют на "субхлорид" серебра не с одинаковой силой из-за чего обычно преимущественное действие имеет тот цвет, который действует сильней. Это объясняет отмеченное еще Ньюисом-Сан-Виктором то, что спектральный зеленый цвет воспроизводится зеленым, в то время как зеленый, полученный смешиванием синего с желтым, в изображении получается синим.

Для объяснения образования цветных изображений в рассматриваемых фотохимических процессах выдвигались различные теории. Первая из них исходила из существовавшего в свое время взгляда, что про-исходящие изменения в цвете хлористого серебра на свету, наблюдавшееся впервые химически Шелле (1777г.) (*Edler, geschichtliche der Physik. 34. Seite, 167. из физики Нандель в Физиологии.*) основано на его восстановлении. Исходя из этого следовало бы принять, что явление выцветания при действии желтого света на темный слой "субхлорида" серебра должно покояться на окислении, при котором вновь образуется желтое хлористое серебро (Зеебек).

Многие физики возникновение цвета в описанных процессах с применением хлористого серебра пытались объяснить так называемым принципом "цвета тонких листочков (прослоек)" в том смысле, что на соответствующих местах господствующая окраска зависит от большего или меньшего изменения толщины прослоек, полученных при действии света на поверхность слоя. Наличие таких тонких листочков (прослоек) обязано возникновение, как известно, своеобразных цветов мыльных пузырей и Ньютона колец. Подобные же цвета, как показал Беккерель, могут наблюдаться при нанесении гальванических покрытий на полированные металлические поверхности.

Последние данные могли также привести физиков к объяснению фотохимических процессов на беккерелевских пластинах выцветанием окраски металлических поверхностей за счет образования тонких "листочков" (прослоек) на поверхности. При этом они принимали, что при большой продолжительности воздействия света могла возрастать толщина измененного слоя с прослойками, в связи с чем мог изменяться и цвет, как это имеет место по отношению Ньютона колец.

Однако, такого изменения цвета не имеется в гелеохромных изоб-

ражениях, что отвергает приведенное объяснение возникновения цвета.

Ценкер (*Ann. Phys. u. Chem., Neue Folge, Bd. 55, f. 223*) был первым из тех, кто пытался разъяснить чисто физическим путем возникновение цветов в фотохромных процессах, основанных на применении хлористого серебра. (*Festschrift des Photochromen-Kongresses, Berlin, 1882*)

По его воззрению в данном случае возникновение цветов лежит на образовании тоненьких листочек (прослоек) в светочувствительном слое (от действия стоячих волн при экспонировании). Релей (1887г.) также объяснял возникновение цветных фотозображений на беккерелевских пластинках действием стоячих волн. Однако Винер (1895г.) разъяснял, что такое объяснение пригодно для образования цветных изображений на беккерелевских пластинках, но не приемлемо для изображения на бумаге, пропитанной хлористым серебром (Зеебек, Пуатевин и др.) Он показал, что в способе Беккереля с серебряными пластинками и гомогенным слоем хлористого серебра (содержащим "субхлорид" серебра), действие стоячих волн происходит совместно с окраской образующихся красящих веществ, в то время, как цветные изображения в опытах Зеебека и Пуатевина образуются только за счет окраски красящих веществ. Правильность теории Ценкера была доказана замечательными исследованиями Липпмана, приблизившими к полному разрешению проблемы фотографирования в натуральных цветах.

Ценкер говорил, что если бы цвета в фотохромных беккерелевских пластинках получились только за счет образования на поверхности прослоек (листочек), окраска которых зависела бы от толщины изменившихся оболочек хлористого серебра, то достижение правильной цветопередачи в изображении могло бы восприниматься лишь в определенный момент, так как до и после него цвета могли бы измениться. По другому обстояло бы дело, если бы имелись доказательства, что возникающие под действием различных цветов тонкие прослойки для каждого цвета находились бы друг от друга на определенном расстоянии, которое соответствует длине волны данного цвета. В этом случае соответствующие цвета должны были бы быть постоянными. Но этим нельзя было бы объяснить цвета получаемых изображений цветом тонких "прослойок", так как же не раз было показано от чего зависит расстояние между данными "прослойками".

Ценкер придал рассматриваемому вопросу другой вид. Он больше не говорил, как возникает идентичность цвета, а указывал, что расстояние между возникающими прослойками зависит лишь от длины волны каждого отдельного цвета. Он отвечал на данный вопрос однозначно, чтобы объяснить явления, которые имеют место в опытах Беккереля. Я хочу подвергнуть здесь подробному обсуждению теорию, представленную Ценкером, имея ввиду, что она служит основной для рассматриваемого ниже фотохромного способа Липпмана.

Теория Ценкера исходит из волновой природы света, разложения белого (солнечного) света на его отдельные составляющие с помощью призмы, различных коэффициентов преломления разных монохроматических лучей (лучи с большей длиной волны имеют меньший коэффициент преломления, чем более коротковолновые лучи), сложения отдельных волн одинаковой длины, за счет чего происходит, соответственно, усиление или ослабление и др. Световые волны в известной мере являются подобными волнам, образующимся на поверхности воды, но распространяются в эфире с необычайно большой скоростью, которая по Майкельсону (1879г.) составляет 299820 км в секунду. Длины волн различных монохроматических лучей являются весьма небольшими, но различаются между собой, как это можно видеть из приводимой ниже табл. 1.

Таблица I.
Длина различных световых волн и их частота для важнейших
Фраунгоферовых линий солнечного спектра.

Цвет	Длина волны в нм	Элемент	Част. колеб. мил/сек.	Цвет	Длина вол- ны в нм	Элемент	Частота колебаний мил/сек
Граница				Фиолет.	h 410,184	H	731
Инфра- красн.	~ 2700,00	-	III		H 396,861	Ca	760
y 899,04	-		334		K 393,386	Ca	763
898,65	-		334		L 382,056	Fe	785
X ₁ 880,61	-		341		M 372,778	Fe	805
X ₂ 866,14	-		346		M 372,713	Fe	805
X ₃ 854,18	-		351		O 344,107	Fe	872
X ₄ 849,70	-		353	Ультра- фиолет.	O 344,069	Fe	893
Z 822,64	-		365		P 336,130	C	913
Красный	A 759,397	O	395		Q 328,687	Fe	948
B 686,357	O		437		R 318,030	Fe	868
Граница с 656,296	H		457		S 310,077	Fe	993
оранжев	{ 589,608}				S 310,038	Fe	
желтый	{ 589,013}	Na	509		310,004		
E 527,043				T { 302,115	Fe		
Зеленый	526,965	F	569		302,070	Fe	
	518,373	Mg	579		U { 294,800	Fe	
Илановый	486,143	H	617		294,777	Fe	
Синий	G 430,796	Fe	696				1018

Из приведенной таблицы можно видеть, что частота колебаний возрастает от красных лучей к фиолетовым, в то время, как длина волн при этом уменьшается. В таком же соотношении находятся коэффициенты преломления отдельных цветных лучей.

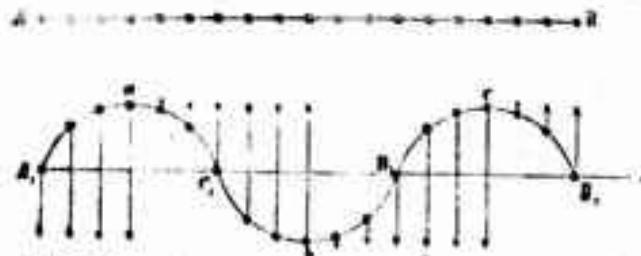
Если пропускать белые лучи через призму, то все его цветные составляющие лучи отклоняются от его направления, при этом наименьшее отклонение испытывают лучи большей длины волн (с меньшей частотой колебаний). Отклонение возрастает с увеличением частоты или уменьшением длины волны излучений (от красного до фиолетового конца спектра). Граница видимой части спектра в области коротковолновых лучей находится при длине волн $\lambda = 396 \text{ нм}$; за этими пределами лучи становятся более невидимыми глазом. Последнюю, не различимую для глаз часть спектра называют — ультрафиолетовой областью. Неощущенные для глаза лучи выше Франгоуферовой линии А называют инфракрасными лучами.

Если фотографическую пластинку в аппарате подвергнуть освещению солнечным спектром, то можно заметить, что максимальное химическое (фотографическое) действие света лежит в более сильной преломляемой коротковолновой части спектра, в то время как по отношению к красному концу спектра оно быстро убывает.

Таким образом, с увеличением частоты колебаний светового эфира возрастает химическое (фотографическое) действие света.

Описанными свойствами световых волн возможно объяснить так же то многообразие и великолепие различных явлений цветов, которые наблюдаются в тонких кристаллических листочках, мыльных пузырях и др. Аналогичные явления обнаруживаются, когда к плоской поверхности прижимают отшлифованное слабовыпуклое стекло, при этом выступают разноцветные круги, которые называют цветными кольцами Ньютона. Ценкер с помощью таких феноменальных явлений интерференции света разъясняет возникновение цветов на Беккерелевских пластинах и поэтому на них остановимся несколько подробней.

При любом световом излучении отдельные частицы эфира колеблются всегда на таком же месте в той же плоскости, изменяется только их положение по отношению друг к другу. В продвигающихся вперед световых волнах все частицы эфира проделывают одинаковое движение в направлении движения лучей (см. рис. I) На рис. 2 изображено состояние равновесия, при которой одинаковые частицы эфира проходят его



A₁B₁ Schwingungsrichtung: Fortpflanzungsrichtung; A₂B₂ Wellenweg;
C₁C₂ Wellental; A₁B₁ ganze Wellenzüge; d₁d₂ = halbe Wellenzüge;

Abstand der Punkte a, b = r von A₁B₁ Amplitude

FIG. 1.

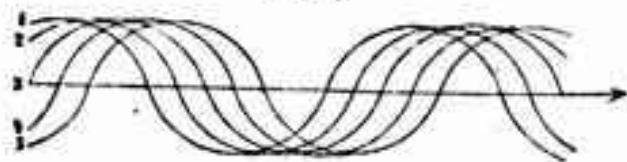


FIG. 2.

в различное время, вследствии чего они должны находиться в разное время в каком либо одном месте пути, например, в вершинах гребней волн или в лоцинах.

Рассмотрим теперь каким образом воздействуют волны друг на друга и каким должен быть получаемый результат этого воздействия, называемый интерференцией. В начале рассмотрим данное явление для световых лучей одного и того же цвета.

Когда рассматриваемые оба ряда волн имеют одинаковые направления, то они могут совпадать друг с другом таким образом, что гребень одной волны попадает на гребень другой волны, и соответственно впадина одной волны соответствует впадине другой волны.

В этом случае, они либо не имеют никакого различия в ходе (рис. 3 волны I и II), либо имеют различие в ходе, равное точно четному числу половин длии волн (рис. 3, волны I и III или I и IV). При таких условиях рассматриваемые ряды волн совпадают в состояниях их фаз и складываются в их действии, ~~аккумулируются~~. Таким образом, должно произойти усиление действия света, а именно, результирующий эффект должен быть равен сумме действия обоих рядов волн.

Когда оба ряда волн сдвинуты относительно друг друга таким образом, что гребень одной волны совпадает с впадиной другой волны и, соответственно, впадина *одной* волны совпадает с гребнем другой волны (рис. 3, кривые V и VI или V и VII), то их состояние фаз не совпадает. В этом случае различие в ходе разных волн равняется нечетному числу полуволн и получаемое результирующее действие света, равное разности действий обоих рядов волн, приведет к успокоению частиц эфира или, иначе, к погашению луча света.

Иначе обстоит дело, когда два ряда волн распространяются друг другу навстречу. Если две таких волны по их оси достигают друг друга, например, падающий и отраженный от зеркала лучи света, то происходящее при этом явление интерференции характеризуется образованем, так называемых, стоячих волн (рис. 4). В результате сложения в рассматриваемых условиях падающего и отраженного лучей в точках a, b, c, d образуется состояние покоя (эти точки называются узлами стоячих волн). Посередине между точками

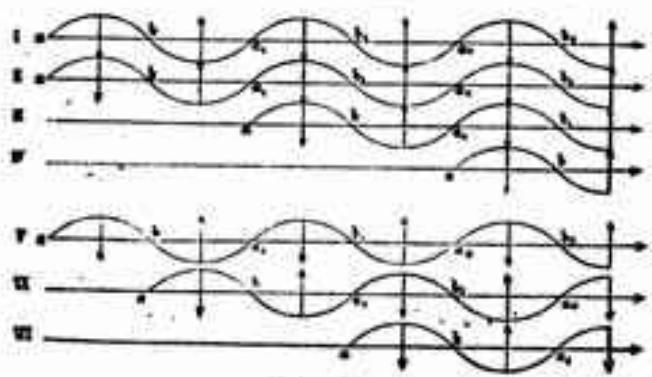


Рис. 3.

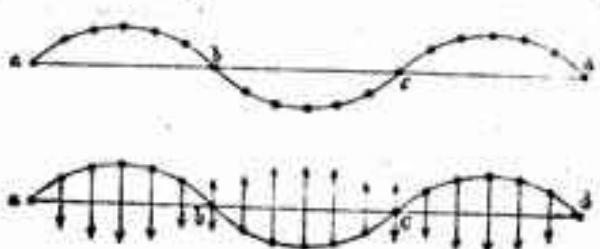


Рис. 4.

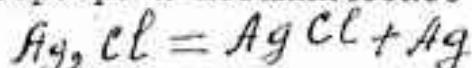
лекой происходит максимальное усиление амплитуды интерферирующих волн (эти места называются пучностями стоячих волн). Расстояние между узлами ~~и соответственно~~ между пучностями образующихся стоячих волн равняется длине полуволны интерферирующих монохроматических лучей.

Химическое действие монохроматических цветных лучей зависит, как было уже упомянуто, от их длины волны, соответственно, от периода колебания. Оно возрастает по направлению к фиолетовому концу спектра и, наоборот, уменьшается в направлении к красной части спектра. Если учитывать, что все цветные лучи спектра являются химически активными, то при одинаковой интенсивности они должны действовать одинаково в светочувствительном слое. Лучи с разной длиной волны при их проникновении в светочувствительный слой производят, соответственно, в нем то же потемнение, окраску или выцветание и в этом отношении между ними различия не имеется.

Однако, совершенно другое действие происходит тогда, когда в применяемом фотографическом процессе лучи, поступающие в светочувствительный слой отражаются и снова поступают в него. При таких условиях в сверхчувствительном слое ~~происходит~~ интерференция с образованием стоячих световых волн, химическое действие которых по Ценкеру является максимальным в местах пучностей. В этих местах в Беккё^рских пластинах образуются прослойки (как результат произошедших изменений с хлористым серебром), от которых данные цветные лучи отражаются сильнее. При этом расстояние между образующимися прослойками равняется длине полуволны действующего цветного луча. Данные цветные лучи и будут лишь отражаться от образовавшихся серебряных прослоек при действии на них белого света, поскольку остальные лучи спектра (большей или меньшей длины волны) будут находиться по отношению к ним не в соответствующих фазах и, следовательно, будут поглощаться или взаимно гаситься.

То обстоятельство, что образующееся в рассмотренных условиях цветное изображение является неустойчивым к действию света объясняется тем, что рядом с образовавшимися в слое прослойками (точнее между ними) остается неизменившееся „субхлористое“ серебро,

которое от действия света темнеет и, таким образом, уничтожает полученное цветное изображение. В данном случае стабилизация полученного цветного изображения путем его фиксирования, применяемого в обычной фотографии, является неприемлемой, так как образующееся «полухлористое» серебро при обработке фиксажем разлагается на хлористое серебро и металлическое серебро по уравнению:



При этом растворяется только хлористое серебро, а образовавшееся металлическое серебро пронизывает весь слой незакономерно. Поэтому изображение исчезает и остается общее помутнение среды.

Хотя существование стоячих световых волн было уже теоретически давно доказано, экспериментальное подтверждение они получили лишь в 1890 г. в ~~заявке~~ работе О. Винера в Страсбурге (*Wiedemanns Ann. Phys. u. Chem., Bd. 49, 1890, S. 205.*) В этой работе были непосредственно сфотографированы чередующиеся точки покоя (узлы) и максимум (пучности) в стоячих волнах без обращения внимания на воспроизведение цветов.

Как уже было упомянуто выше, Винер считал, что возникновение различных цветных изображений на бумаге, пропитанной «субхлоридом» серебра, является результатом образования при экспонировании окрашенных веществ (красок). Возникновение последних на свету объяснялось следующим образом. Считалось, что ~~каждый~~ светочувствительное вещество может изменить свой цвет, только теми цветными лучами, которые оно абсорбирует. Поэтому, например, светочувствительное вещество красного цвета ~~захват~~ претерпевает изменение за счет всех лучей, кроме красных; желтое или синее светочувствительное вещество остается неизмененным ~~захват~~ при воздействии на него соответственно желтых или синих лучей. Поэтому, если светочувствительное вещество имеет способность воспринимать воздействие различных цветных лучей света, то оно должно изменяться под влиянием, например, красных, желтых, зеленых и других лучей, до тех пор, пока на соответствующих местах оно не станет соответственно красным, желтым, зеленым и т. д. эти цвета останутся такими же и при дальнейшей экспозиции. /O. Wiener, *Annal. d. Phys. a, a, 0;* далее: Eder *Jahrb. f. Photogr.* 1896, S. 55; A. Hübner, *Die Farbenphotographie mit Hilfe des Ausbleichverfahrens, Photogr. Korresp.* 1904, S. 703./

Такое объяснение является приемлемым и к серебряным цветным фотографиям Пшевесина; данные цветные изображения, однако, не пригодны для фиксирования, потому, что обработка их в фиксаже разрушает образовавшиеся цвета.

3. Получение цветных фотографий по интерференционному способу Габриэля Липпмана.

В феврале 1891г. все газеты сообщали, что в Париже французскому физику-профессору, доктору Габриэлю Липпману удалось воспроизвести спектр света в натуральных цветах фотографически при наличии его длительной сохраняемости. В докладе в Парижской академии наук 2 февраля 1891г. Липпман о своем изобретении сообщает следующее:

"Я поставил себе задачу, получить на фотографических пластинах изображение спектра света в его цветах, таким образом, чтобы оно оставалось стабильным и не изменялось от действия света."

Поставленная задача была разрешена с теми же светочувствительными материалами, проявителями и фиксажами, которые применяются в фотографии, но с изменением её физических условий. Непременными условиями для осуществления разработанного способа цветной фотографии являются два:

1. Применение "непрерывных" (сплошных) светочувствительных слоев.

2. Наличие при экспонировании рекфлектирующей (отражющей) поверхности, находящейся в контакте со светочувствительным слоем.

"Под непрерывностью светочувствительного слоя я понимаю отсутствие в нем зернистого строения. Необходимо, чтобы йодистое, бромистое серебро и др. распределялось внутри слоя из альбумина, желатина или другого прозрачного инертного материала равномерно без зерен, которые если бы были видны в микроскопе, то должны ~~были бы~~ иметь настолько малые размеры, что ими было бы пренебречь по сравнению с длиной волны света."

"Применение обычных грубозернистых эмульсий, используемых в фотографиях, в разработанном способе исключено. Применяемые в нем "сплошные" светочувствительные слои являются прозрачными или

смучно с легкой голубоватой опалесценцией. В качестве светочувствительных веществ мною применялись йодистое и бромистое серебро, а в качестве их носителей — альбумин, коллодий и желатина; все комбинации из них дают хороший результат. Готовая высушенная фотопластинка помещается в специальную полую касету, в которую наливают ртуть. При этом ртуть непосредственно соприкасается с поверхностью светочувствительного слоя и во время экспонирования от нее отражаются лучи прошедшие через слой. Последующее экспонирование, проявление и фиксирование фотопластинок производится обычным образом, но результат получается совершенно другой. После того как экспонированная пластина обработана и высушена, при её рассматривании можно видеть цвета."

"Произведенная и отфиксированная пластина на просвет представляется негативом, в котором каждый цвет представлен его дополнительным цветом. В падающем же отраженном свете она является позитивом, в котором цвета оригинала получаются очень бриллиантно. Для получения хороших позитивов фотопластинки следует таким образом проявить и даже усилить, чтобы получаемые осадки серебра имели светлую окраску, что достигается применением кислых гидроксидов. Произведенные фотопластинки фиксируют в растворе тиосульфата натрия и тщательно промывают. Получаемые таким образом цветные изображения являются стабильными и могут противостоять действию сильнейшего электрического света."

"Теория рассмотренного процесса очень проста. Падающий свет создавший изображение в камере, интерферирует в светочувствительном слое со светом, отраженным от поверхности ртути. Вследствие этого в нем образуется „бахрома“ из стоячих волн, а именно из светящихся максимумов и темных минимумов света, которые отдельно действуют на светочувствительный слой. В результате последующих химико-фотографических процессов в местах максимумов света образуются осадки серебра, которыми светочувствительный слой разделяется на ряд тоненьких металлических прослоек (*зеркальц*), отражающих свет. Расстояние между этими тоненькими прослойками точно соответствует длине полуволны падающего света, что необходимо

для его воспроизведения."

"Видимые на пластинке цвета являются подобными цвету мыльных пузырей, только они много чище и бриллиантней, в особенности тогда, когда в фотографических процессах получаются осадки серебра хорошо отражающие свет. В толще светочувствительного слоя образуется большое число тончайших лежащих рядом прослоек (зеркалец), число которых составляет приблизительно 200, если толщина слоя равняется $1/20$ мм. Получаемые цвета являются тем чище, чем больше имеется отражающих прослоек, которые образуют своеобразную решетку на глубине слоя. На основании теории решеток в падающем (отраженном) свете, чистота получаемого цвета увеличивается с числом зеркально отражающих элементов."

Как уже указывалось выше, обычные продажные бромосеребряные пластинки, не пригодны для проведения липпманского процесса. При рассматривании таких пластинок под микроскопом, можно легко видеть отдельные зерна бромистого серебра распределенные в желатине. Поэтому данные пластиинки, так же как и мокрые коллоидионные, не отвечают одному из основных условий осуществления липпманского способа (см. выше) и не пригодны для получения по этому способу цветных фотографий.

В обычных продажных бромосеребряных желатиновых фотопластинках линейный размер зерен составляет от 3 до 4 мкм. Между тем липпманская теория, например, для воспроизведения синего цвета требует, чтобы размер эмульсионных зерен был исключительно небольшим по сравнению с длиной волны синего луча ($0,486 - 0,430$ мкм). Отсюда следует, что даже эмульсия получаемая осаждением бромистого серебра в присутствии очень большого количества желатины, в которой по измерениям Эдера (*Phot. Konzessr. 1880, S.310*) размер эмульсионных зерен составляет $0,8 - 1,5$ мкм, не пригодна для воспроизведения цветных изображений в липпманском способе.

В связи с изложенным Липпман употреблял в своем способе фотопластинки, которые получал с помощью старого способа, описанного еще более 50 лет тому назад Таупенотом. Этот способ состоит в том, что стеклянную пластинку покрывают коллоидием, который затем очищают обработкой в ванне с газотоксичным серебром,

а затем после споласкивания, покрывают обычным йодированным яичным белком и оставляют сушиться. За день до употребления полученные сухие пластиинки обрабатывают в новой серебрянной ванне, что повышает их светочувствительность.

Такие сухие фотопластиинки, хотя и являлись очень мелкозернистыми, но по сравнению с обычными продажными пластиинками обладали небольшой светочувствительностью. Поэтому позже Липпман получал вместо йодистого серебра - бромистое серебро. Он употреблял (см. Еж. Ганс. ф. Photogr. 1893. л. 321.) вместо

йодированного яичного белка раствор альбумина, который содержал от 1/2 до 2/3 % бромистого калия. Высушенные пластиинки он затем обрабатывал в течение 2 минут в растворе, состоящем из 100 г. воды, 10 г. азотнокислого серебра и 10 г. уксусной кислоты. Однако и эти пластиинки были не очень светочувствительны, и показывали максимум светочувствительности, (так же как и другие бромосеребряные пластиинки) лишь в синей части спектра, в то время как для желтых и еще более для оранжевых лучей они оказывались нечувствительными. Что бы сделать их чувствительными к названным лучам, их сенсибилизовали перед употреблением путем непродолжительного купания в водном растворе цианина (I : 25000).

Что касается второго пункта, а именно, наличия отражающей поверхности позади светочувствительного слоя, то для этого Липпман во время экспонирования совмещает его со слоем ртути. На рис. 5 (1) показана кассета, которой первоначально пользовался Липпман: ϑ означает сенсибилизированную пластиинку находящуюся перед слоем ртути; на рис. 5 (2) показан вид спектра в натуральную величину. М-обозначает ртуть, С-подковообразный каучук. Передняя стенка кассеты служит для её закрывания. Рис. 6 представляет схематически кассету Липпмана. Слева находится ртуть, соприкасающаяся с эмульсионным слоем, справа-стекло; между ними в сильно увеличенном виде показан светочувствительный слой идеально разделенный на части.

Световые волны отражаясь обратно от поверхности ртути, образуют в светочувствительном слое стоячие волны, пучности которых показаны пунктирными линиями.

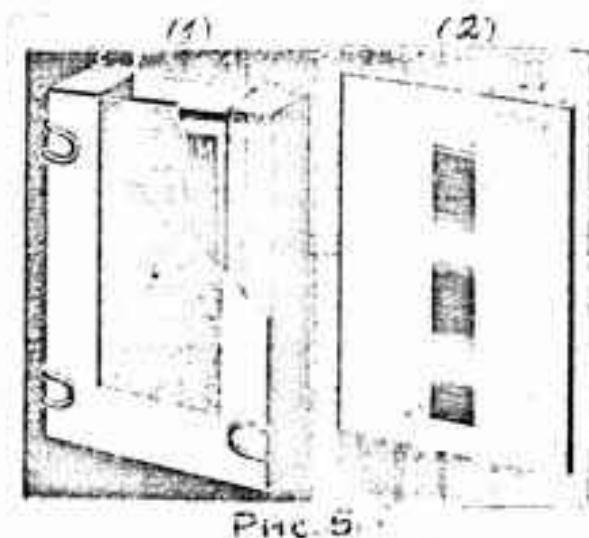


FIG. 5.

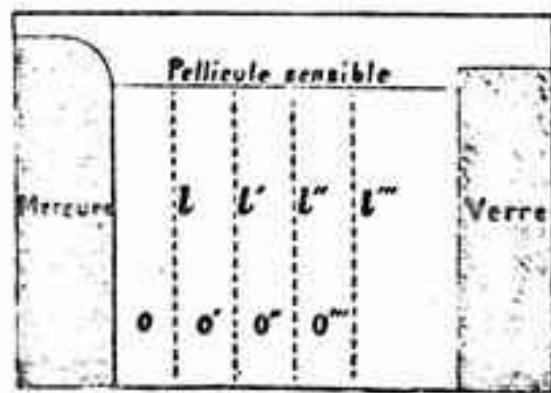


FIG. 6.

Расположение отдельных деталей установки вместе со съемочной камерой для фотографирования спектра показано на рис. 7 (*A. Берн, Photoélectricie des couleurs, Paris, 1891, S. 44*).

Эта установка состоит из дуговой лампы λ , подвижной щели F , линзы А, призмы Р (для разложения света), фотокамеры с объективом О и кассеты со светочувствительной пластинкой.

Для достижения хороших результатов опыта важно соблюдение правильной экспозиции при съемке. Для того, чтобы в любое время иметь одинаковый источник света, Липпман вместо солнечного света использовал электрическую дуговую лампу силой света в 800 свечей.

Для проявления фотопластинок Липпман употреблял как кислые, так и щелочные проявители. Первый состоит из однопроцентного раствора пирогаллола. Согласно указанию Липпмана этим проявителем полезно начинать проявление, а заканчивать его следует во втором слабом растворе пирогаллола содержащим слабый раствор аммиака с добавлением бромистого калия. При таких условиях получают очень белый осадок серебра, что имеет большое значение для успеха опыта. Проявленная пластина хорошо сполоскивается и затем фиксируется в растворе тиосульфата натрия (150 гр. в 1000 мл воды). При тонких слоях фиксирование происходит очень быстро. Промытые пластины высушиваются. После их полного высыхания появляются очень чистые цвета в падающем свете (при известном положении пластины)

В коллекции учебного и исследовательского института графики в Боне имеются два липпманских оригинала спектра, которые были изготовлены одними из первых и были присланы директору института Эдеру. Они изображают спектр света электрической дуговой лампы, при его общей длине 4 см. При соответствующем положении пластиинки при её рассматривании отчетливо видны отдельные цвета. На одной из пластиинок отчетливо видны красный, желтый и зеленый части спектра, в то время как синий – отсутствует. На второй пластиинке, хотя эти цвета можно видеть слабее, но изображение спектра распространяется до фиолетового цвета. Если рассматривать пластиинки в проходящем свете, то синий цвет кажется на одном спектре оранжевым до коричневато-зеленого, а желтый и красный – на одной пластиинке – зелено-черным, на другой – окрашенным в оранжевый до желто-коричневого цвета.

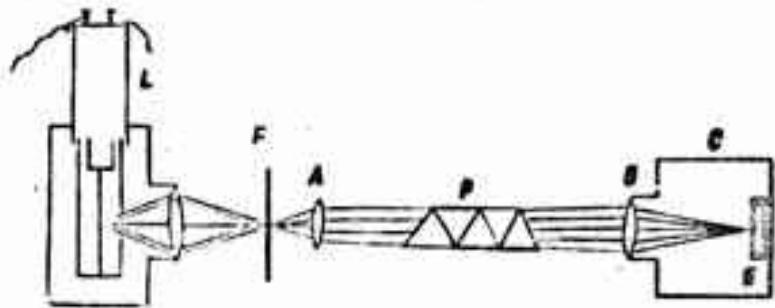


FIG. 7.

Исследования Липпмана произвели большую сенсацию и были многими повторены.

Из экспериментов, в которых были развиты опыты Липпмана, в первую очередь следует упомянуть Х.Кроне в Дрездене, которому в 1892г. удалось получить цветную фотографию спектра солнца без применения ртутного зеркала; вместо ртутного зеркала, для получения стоячих волн в светочувствительном слое он применил стеклянную пластинку. Кроне пользовался также пластинками, покрытыми слоем яичного белка и оклеенными с обратной стороны черным бархатом, вследствие чего их отражающая способность возрастала.

Полученные таким способом цветные фотографии солнечного спектра (одна из них находится в коллекции учебного и исследовательского института графики в Вене), при их внимательном рассмотрении не обнаруживают такой бриллиантисти и прозрачности красок, как соответственно, цветные фотографии, полученные с ртутным зеркалом, но все же все цвета в них различимы четко.

Еще много позже в 1908г. Айсу удалось заменить ртутное зеркало целлULOидной пленкой с серебряным зеркалом. Для этого он серебрил стеклянную пластинку и покрывал её густым раствором цапоновиго лака. После высыхания лака пластиинка опускалась под воду и со стекла снимался целлULOидный слой вместе с серебряным зеркалом. Полученная пленка с серебряным зеркалом присладывалась к еще сырому (невысушенному) эмульсионному слою пластиинки. После высыхания полученный на целлULOидной пленке светочувствительный слой экспонировался в съемочной кассете. После экспонирования целлULOидный слой снимался и пластиинки съемным образом проявлялись и фиксировались.

В 1909г. Леман в своем докладе "Интерференционная цветная фотография с твердым металлическим зеркалом" на заседании Физического отделения 80 съезда немецких естествоиспытателей и врачей в Зальцбурге, описал способ, который состоял в том, что стеклянная пластиинка с серебряным зеркалом покрывалась очень незначительным слоем крахмала с последующим напосом на него съемного эмульсионного слоя. После экспонирования эмульсионный слой снимался, подвергался проявлению и дальнейшей обработке. По этому способу Леман получил бриллиантные цветные фотографии. Он продолжает интересно заниматься интерференционной фотографией и ему мы обязаны за ряд улучшений в съемочном аппарате, введении подходящих съемочных фильтров и многоего другого (см.ниже).

4. Теоретические данные об образовании цветных изображений в липпманском способе.

Способ Липпмана служит не только блестящим доказательством правильности теории Ценкера о возникновении цветных изображений на беккерейских пластинах, но и является также примером практически полезного применения этой теории.

Прежде чем перейти к рассмотрению практического осуществления способа Липпмана, остановимся подробно на его основах, которые следуют из теоретических данных Ценкера об образовании стоячих световых волн во время экспонирования и рассматривании в белом свете получаемых цветных изображений.

Как уже указывалось, применяемый в липпманском процессе светочувствительный слой состоит из связующей среды (альбумина, желатина или других подобных веществ), в которой распределено "беззернистое" (с зернами невидимыми в обычном световом микроскопе) галоидное серебро. Во время экспонирования светочувствительный слой находится в контакте с ртутным зеркалом и экспонируется через стекло. (рис.8) Если цветной луч света, например, красный, падает перпендикулярно к фотопластинке \mathcal{T} , то он, пройдя через светочувствительный слой, отражается от соприкасающегося с ним ртутного зеркала Q . При этом в слое образуются стоячие волны (по Ценкеру) с узлами \mathcal{L} (в минимумах) и пучностями \mathcal{O} (в максимумах колебаний). В узлах не имеется действия света на светочувствительный слой, а в пучностях оно является максимальным.

При последующем проявлении в пучностях отлагаются зеркально отражающие частицы серебра (прослойки) — элементарные зеркала. При фиксировании эти частицы серебра остаются в том же правильном положении без изменения, в то же время не проявленная часть галогенидов серебра, находящаяся в узлах, растворяется фиксажем. Таким образом, после обработки получают в слое ряд серебряных прослойок (a, a, a, \dots — листочек по Ценкеру), которые после высыхания образуют систему из ряда металлических зеркально отражающих серебряных частиц (зеркалец), расстояние между которыми точно соответствует половине длины волны действующего луча света.

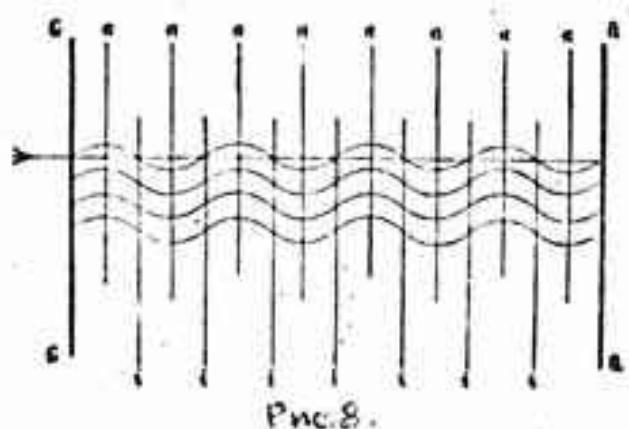


FIG. 8.

Рассматривание их в падающем белом свете создает впечатление соответствующего цвета, который действовал на слой при экспонировании, при этом лучи других цветов падающего белого света уничтожаются. В соответствии с этим получаемое впечатление цвета происходит за счет образовавшихся в слое тоненьких серебряных прослоек (сркалец). Рассмотрим это явление подробнее.

Представим себе, что на плоскопараллельные "листочки" (слой) GG' (с.9) из воздуха проникает луч AB. Тогда одна часть этого луча отражается назад в направлении BC в оптически менее плотную среду известным законам оптики. Одновременно другая часть этого луча проходит оптически более плотную среду (слой), преломляется в направлении BD и достигает границы двух сред. На этой границе часть луча снова отражается и отбрасывается обратно в направлении DB' в то время как другая их часть проходит через границу слоя в направлении DE в оптически менее плотную среду.

Отраженная в направлении DB' часть лучей снова идет на границу рассматриваемых сред (с различной оптической плотностью), при этом опять одна её часть отражается назад в направлении B'D'. Далее снова одна часть лучей отражается, а другая преломляется в направлении DE', в то время как часть в оптически менее плотной среде отклоняется в направлении B'C'. Этот луч при выходе из более плотной среды настолько отклоняется от перпендикуляра, насколько при входе в данную среду падающий луч AB преломляется. Поэтому направление луча BC должно быть параллельно лучу B'C'.

Представим себе теперь, что на рассматриваемую серебряную прослойку (листочки Ценкера) упали два параллельных луча света (с.10) из которых один имеет путь A'B'C', а другой AB (вследствие преломления и его отражения) - ABD'B'C'. Оба эти луча обладают разностью хода BD'B', и интерферируют в отрезке B'C'. Результат интерференции этих двух одинаково распространяющихся лучей зависит от разности в их ходе.

Предположим, что серебряные прослойки (листочки) имеют толщину полуволны красного излучения (цвета) и обладают отражающей способностью (как это имеется в липпманских изображениях), обусловленную чрезвычайно тонкими серебряными частицами. Падающие солнечные (белые) лучи теперь в прослойке (листочках) от точки B до точки D имеют путь, равный полуволне красных лучей.

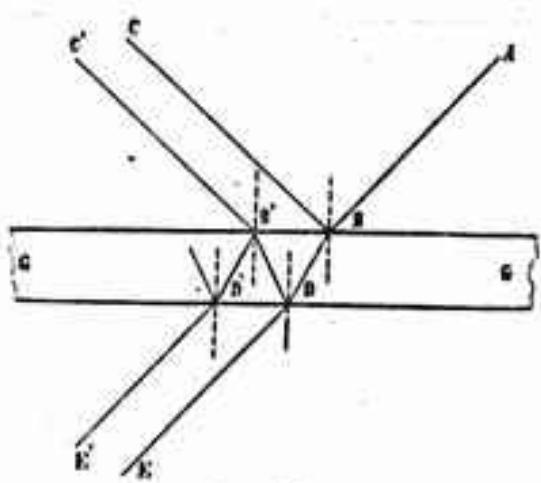


Рис.9.

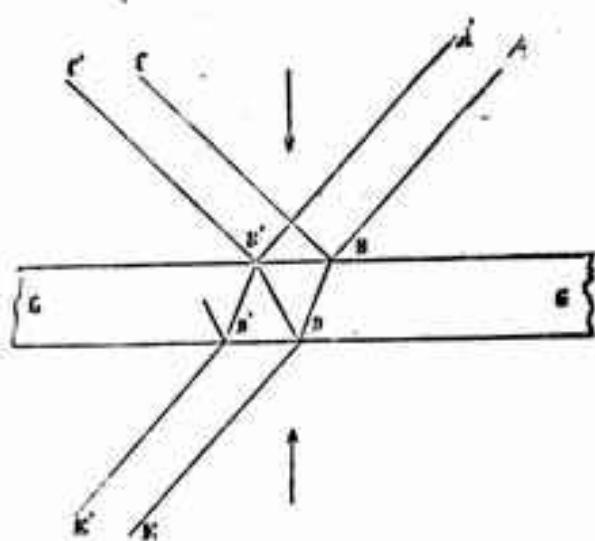


Рис.10.

такой же путь, равный полуволне красных лучей, они имеют при отражении от точки Д в точку В. Поэтому при возвращении в В на отрезке В С интерферируют лучи, имеющие разность хода в две полуволны с лучами отраженными непосредственно в точку В'. В эту точку В' с разностью хода в две полуволны придут только красные лучи падающих белых лучей света, в то время как остальные составляющие белых лучей придут к ней с какой либо другой разностью хода их собственных волн. Отсюда в В' волны одного красного луча будут инферирировать с соответствующими волнами другого красного луча. Такие будут инферирировать и остальные составляющие одного белого луча с другим. Но так как, только красные лучи имеют разность хода в две полуволны, а другие этого не имеют, то в результате интерференции только красные лучи усилият свое световое действие, в то время как остальные лучи белого света будут становиться слабее и даже могут полностью взаимно уничтожаться вследствие *вычитания* их действия.

Этот процесс, происходящий на одной прослойке (листочках), повторяется по глубине на других прослойках, всюду имеется место усиление красных лучей, в то время как остальные лучи, составляющие белый свет, почти полностью себя уничтожают.

Таким образом в рассмотренном случае получается значительно усиление впечатление красного спектрального цвета, который является тем сильней, чем больше имеется прослоек. Поэтому по теории Ценкера, при рассматривании липпманских цветных изображений, в данном случае в наш глаз полностью доходят только красные лучи, если эти пластиинки рассматривать в падающем белом свете, с того положения, с которого действовали красные лучи при фотографировании.

То же самое происходит и в отношении других спектральных лучей при фотографированием с образованием на пластиинках серебряных прослоек с соответствующими расстояниями друг от друга.

Рассмотрим теперь, каким образом будет происходить воспроизведение не простых спектральных цветов, а смеси цветов. Возможность воспроизведения смеси цветов была показана в исследованиях Липпмана.

Обычный белый цвет, включающий в себя все лучи видимого спектра, может воспроизводиться в изображении белым только тогда, когда

в нем отсутствуют невидимые ультрафиолетовые лучи. Последние теоретически не должны бы мешать передаче белого цвета, но фактически это имеется, вследствие несовершенного (недостаточного числа) образования прослоек ("листочеков") Ценкера и наличия передержек при экспонировании. Поэтому, если по липпманскому способу производится копирование прозрачных цветных изображений (на стекле), то экспонирование следует производить со светофильтром, который бы поглощал ультрафиолетовые лучи. В качестве такого светофильтра может применяться раствор сернокислого хинина, подкисленного одной каплей серной кислоты, а так же подходящий желтый фильтр и др.

Надо иметь в виду, что при фотографировании со съемочной камерой искажения за счет ультрафиолетовых лучей не являются слишком большими, так как обычно стеклянные объективы не пропускают большую часть падающих на них ультрафиолетовых лучей.

Следует остановиться, на опубликованной работе Липпмана (*Jouhr d/c Physicue* 1894, в. III стр. 97, 107), в которой он рассматривает теорию образования простых и смешанных цветов в интерференционном методе получения цветных изображений. Относительно возникновения смешанных цветов эта теория говорит, что каждой элементарной длине волны света в изображении соответствует система прослоек ("листочеков") Ценкера, которые взаимно проникают друг в друга, причем каждая из них действует сама по себе, как будто других нет. Такое действие Липпман объясняет с помощью гипотезы "молекулярного отражения и рассеяния", которая опирается на исследования Винера (*Wissenschaft Ann. Phys. Chem.* 1899 стр. 318) по наблюдаемым положениям интерференционных полос Меслина. Эти наблюдения позволяют сделать вывод об изменении фаз при отражении излучений на каждой прослойке (элементарном зеркале) на величину, равную половине длины волны. Данный вывод был сделан после того как было доказано что отсутствие фаз от этой величины наступает только тогда, когда прослойки ("листочки") Ценкера состоят из маленьких частиц с металлическим блеском.

Подтверждением правильности липпманской теории "молекулярного отражения и рассеяния" могут служить результаты микроскопического исследования срезов эмульсионного слоя цветных интерференционных фотографий, полученных ←————→ Р. Нейгаузом (1898) и Леманом.

Такие микрофотографии, полученные Леманом, приводятся на снимках I-II. В своей статье о рассматриваемом вопросе он исходит из теории распределения яркостей в пространстве и в результате сравнения получаемых результатов для основного слада яркостей (см. ниже) со своими наблюдениями на микрофотографиях срезов указывает следующее (*Eders Jahrb. f. Phys. 1918, S. 157*). Необходимо различать три основных случая относящихся к действию света при образовании различия цветов в процессе фотографирования:

I) действие гомогенного света, 2) действие гомогенных смешанных цветов и 3) действие гетерогенных смешанных цветов, единичные компоненты которых слагаются из бесконечно многих гомогенных световых лучей. При этом предполагается, что распределение получаемого в слое серебряного осадка является функцией интенсивности действующего света. Если обозначить через ξ путь в направлении падающих лучей (рис. II), а через $\bar{\xi}$ отраженных лучей, то интенсивность i образующейся стоячей волны λ является функцией положения ξ и определяется выражением (для упрощения потерями света за счет его поглощения и отражения пренебрегаем):

$$i = C \cdot \sin^2 \frac{2\pi \xi}{\lambda} \dots \dots \dots \quad (1)$$

На рис. I2 представлена получаемая таким образом кривая интенсивности i стоячей волны.

На снимке I показана соответственно микрофотография поперечного среза красной части интерференционной фотографии спектра на которой можно ясно различить поперечные разрезы получаемых единичных прослоек ("листочеков" по Ценкеру). В проводимых расчетах расстояния между прослойками учитывалось, что при приготовлении микросреза препарата для его фотографирования он разбухал (т.е. измеряемое расстояние увеличивалось). В связи с этим для установления точного расстояния сначала следовало определить фактор набухания, указывающий во сколько раз увеличились расстояния между прослойками, что может быть выполнено экспериментально очень точно (подробней об этом: H. Lehmann, *Beitrag zur Theorie und Praxis der mikroskopischen Farbenunterscheidung mittels stehender Lichtwellen nach Lippmanns Methode*, Гюtersхайм, 1906).

В приводимой табл. 2 указаны результаты проведенных измерений.

Таблица 2.

Препарат	λ	d	Фактор набухания
Гомогенный красный	625 нм	0,75 мкм	3,6



Снимок I. Микрофотография микросреза эмульсионного слоя с интерференционным изображением, полученным по способу Липпмана. Гомогенный красный цвет $\lambda = 620$ нм /увеличение в 7200 раз/.



Снимок II. Микрофотография микросреза эмульсионного слоя с интерференционным изображением, полученным по способу Липпмана. Спектральная смесь цвета с $\lambda_1 = 563$ нм и $\lambda_2 = 482$ нм /увеличение в 10300 раз/.



Снимок III. Микрофотография микросреза эмульсионного слоя с интерференционным изображением, полученным по способу Липпмана. Гетерогенная смесь цвета /желтого и синего/ с максимумом для $\lambda = 575$ нм /увеличение в 10500 раз/

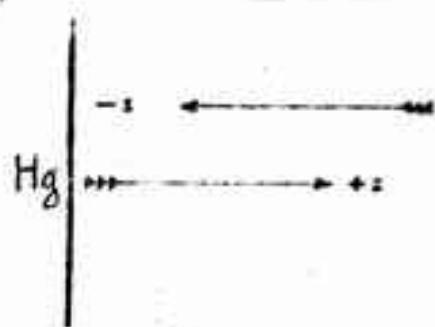


Рис. 11.

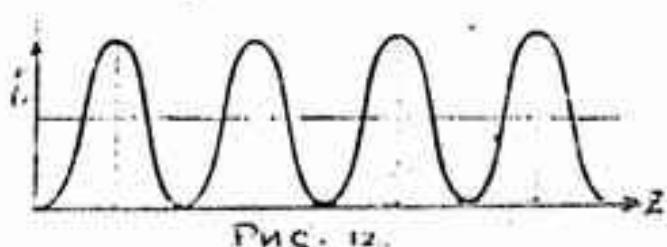


Рис. 12.

При вычислении расстояния d между проявленными прослойками ("листочками") серебра учитывалось изменение скорости света при его прохождении в желатине (имеется в виду, что коэффициент преломления света в желатине равняется 1,5; отсюда расстояние между прослойками должно составлять $0,625 : 2 \cdot 1,5 = 0,25\text{мкм}$. Примеч. редакт.) Из приведенных данных можно видеть хорошее совпадение теории с экспериментальными данными.

На микрофотографии, приведенной в таблице I, является особенно заметным, что в поперечном разрезе серебряных прослоек ("листочек") они слагаются из отдельных проявленных зерен. Вместе с тем, несмотря на очень сильное увеличение, форма зерен не воспроизводится, так как частицы чрезвычайно "ультрамикроскопичны". То, что частицы видны дискретными является результатом незначительной толщины наблюдаемых срезов препаратов ($0,3 - 0,4\text{мкм}$)

Если на одно и тоже место светочувствительного слоя одновременно действуют два гомогенных излучения с различной длиной волн, то результирующая интенсивность выражается сложением составляющих её элементов по формуле (1), т.е.:

$$\hat{I} = \hat{I}_1 + \hat{I}_2 = c \left(\sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda_1} + \sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda_2} \right). \dots \quad (2)$$

В приводимом рассмотрении принимается наиболее простой случай, когда оба луча обладают одинаковой амплитудой.

На рис. I3 показаны кривые суммарной интенсивности \hat{I} для отношения длин волн $\frac{563}{482}$. Соответственно в табл. приведена микрофотография среза полученного цветного интерференционного изображения. Здесь имеется процесс, подобный известному процессу в акустике когда ударяются два тона и мы слышим третий пульсирующий звук, соответствующий суммарной длине волн. Приводимая на рис. I3 кривая \hat{I} , а также микросрезы ясно показывают седьмую часть периода пульсации, который повторяется на показанных отрезках по пять раз. Как в предыдущем, ниже указываются результаты проведенных сравнительных измерений и вычислений (табл. 3).

Таблица 3

Препарат	λ	измерено	вычислено	Фактор набухания
Гомогенная смесь цветов	563 482	$0,85\text{мкм}$	$0,17\text{мкм}$	5

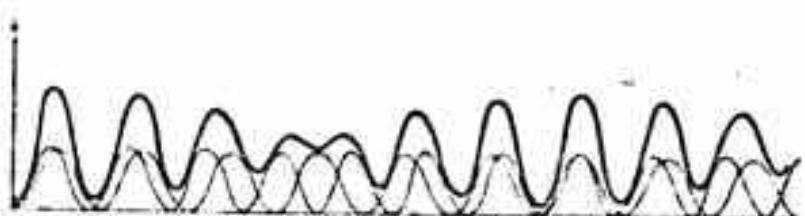


FIG. 13.

Расстояние d в направлении от ртутного зеркала является теоретически непостоянным; приводимое в таблице значение d относится к его максимальной величине.

При приложении рассматриваемого метода для образования гетерогенной смеси цветов уравнение (I) следует проинтегрировать по λ , т.е. в данном случае интенсивность \mathcal{I} получаемого цвета определяется выражением:

$$\mathcal{I} = \int c \cdot \sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda} \cdot d\lambda$$

Доказательство справедливости принимаемого положения служат проведенные опыты, в которых на одно и тоже место пластиинки раздельно во времени действовали два гомогенных луча света. При этом получалось точно такая же структура микросрезов получаемого изображения, как и в случае одновременного воздействия света, что допускает в данном случае применение простой суперпозиции. Однако, теперь величина C уже не является постоянной, а зависит от длины волны λ включая три фактора, а именно:

$$C = S(\lambda) \cdot F(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda)$$

В этом выражении означает $S(\lambda)$ интенсивность источника света, например, цвет солнечного света, $F(\lambda)$ часть тех лучей, которые отражают объект при падении на него света (интенсивности). Следовательно, $S(\lambda) \cdot F(\lambda)$ характеризует цвет фотографируемого объекта; $\varepsilon(\lambda)$ обозначает светочувствительность применяемой фотопластинки к данной длине волны (по отношению к интенсивности \mathcal{I}).

Имея в виду, что общее действие света пропорционально величине C будем иметь (учитывая (I)):

$$\mathcal{I} = \int S(\lambda) \cdot F(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot \sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda} \cdot d\lambda \dots \dots \dots (3)$$

Ограничимся рассматриванием важнейшего случая воспроизведения белого объекта. Условием для этого является:

$$F(\lambda) = \text{const.}$$

Объединим факторы $S(\lambda)$ и $\varepsilon(\lambda)$ вместе в фактор $f(\lambda)$, характеризующий светочувствительность пластинок к солнечному свету. В данном случае для изохроматических пластинок в соответствии с предыдущим будем иметь:

$$f(\lambda) = \text{const.}$$

Отсюда уравнение (3) для воспроизведения белого принимает вид:

$$\mathcal{I} = c \int_{\lambda_{\text{фокус}}.}^{\lambda_{\text{крайн.}}} \sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda} f(\lambda) \cdot d\lambda \dots \dots \dots (4)$$

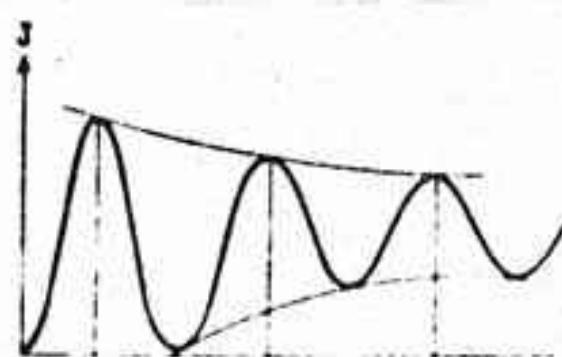


FIG. 14.

На рис. I4 показана кривая, иллюстрирующая рассмотренный случай, характеризующийся быстрым периодическим затуханием максимальной интенсивности. В действительности такое успокоение происходит еще быстрее, как это можно видеть на снимке III на приводимой микротографии среза слоя для белого (желтоватого) изображения, когда очень хорошо видны приблизительно два максимума. Следовательно, только эти максимумы будут главным образом участвовать при воспроизведении цвета в отраженном свете в полученном изображении. Это же было мною показано экспериментально по отношению к другому объекту. В рассмотренном случае были получены следующие результаты измерений (табл. 4).

Таблица 4.

Препарат	λ	d	Фактор набух.
Гетерогенная смешанная смесь цветов	Слаб. максим. при 575 нм	Измерено 0,9 мкм Вычисл. 0,19 мкм	4,7

Вычисление расстояния d проводилось по строгой формуле. Из приведенных данных можно видеть, что и здесь для наиболее интересующего нас случая результаты вычисления хорошо совпадают с измерением.

Из наблюдений, которые сделал Леман по изготовленным им микротографиям срезов слоев интерференционных цветных изображений следует, что при проявлении "беззернистых" сухих желатиновых фотопластинок (см. ниже) мы имеем дело с коллоидным раствором серебра. (Н. Чехтап. *Beiträge zur Theorie und Praxis der direkten Farbenphotographie*, S. 71, Freiburg 1906.)

5. Последующие данные по получению цветных интерференционных

фотографий по способу Липпмана, опыты Твинга и Льмьера.

Применявшиеся первоначально Липпманом альбуминовые фотопластики имели различные недостатки. В первую очередь это относится к изготовлению довольно сложного препарата с низкой светочувствительностью, что является препятствием для его практической употребления. Но в то время эти пластики были единственными, которые давали при поливе на стекло мелкие зерна, как это требует теория. Поэтому ими пользовался и Кроне, который изготовил ряд хороших цветных фотографий спектра по способу Липпмана.

Твинг (*Beibl. Annal. Phys.*, 1892) предложил вместо альбуминовых фотопластинок употреблять бромосеребряные келатиновые пластинки. Он рекомендует следующий способ изготовления пластинок.

Приготавливается раствор:

Бромистый калий	25гр.
Этиловый спирт	250мл
Соляная кислота	5мл

5 мл этого раствора смешивают с 40мл эфира и 2г пироксилина, после чего по каплям добавляют десяти процентный раствор азотнокислого серебра. Полученную жидкость употребляют для полива пластинок до того, как образуется эмульсия. В результате получается слой с легкой синей опалесценцией и совершенно прозрачный.

По Твингу данные фотопластинки требуют экспозицию на солнце около 20 минут, если они после этого не должны проявляться (можно полагать, что получается видимое изображение).

Передержка в любом случае разрушает получаемые цвета.

В 1892г. Луиз Люмьер показал на одном из заседаний научно-технического общества в Лионе фотографии спектра света в натуральных цветах, изготовленные по способу Липпмана, которые по богатству красок превосходили оригинальные фотографии Липпмана, а так же все другие ранее изготовленные. Эти фотографии спектра были получены им на бромосеребряных келатиновых фотопластинках. Для их изготовления, как указывает Люмьер, в 5% раствор желатины при перемешивании добавлялись 1-2% растворы бромидов, хлоридов или йодидов. В полученный раствор при перемешивании добавлялся 3% раствор азотнокислого серебра. Приготовленная эмульсия после диализа и других операций поливалась на пластинки. Эти самые общие сведения об изготовлении бромосеребряных келатиновых фотопластинок для способа Липпмана, не содержащие необходимых деталей, не были опубликованы и в специальных фотографических журналах.

В связи с отсутствием опубликованных данных по изготовлению бромосеребряных келатиновых эмульсий, пригодных для применения в Липпманском способе цветной интерференционной фотографии я попытался экспериментальным путем их изготовить. При этом учитывались

предъявляемые к ним требования в отношении тонкости зерен и другие, в том числе, чтобы они обладали большей светочувствительностью, чем альбуминовые пластиинки, изготовленные по способу Таупенота. Данные опыты были описаны мною в *Phot. Korresp.* (1892, 9.432), а полученные в них очень бриллиантовые фотографии спектра демонстрировались во время докладов в "Обществе распространения научных естественных знаний" и в "Австрийском объединении ремесленников" в Вене. — Позднее в 1899г. мною были получены замечательные снимки различных цветных объектов.

Спустя год, после того, как мои первые опыты по изготовлению цветных репродукций были опубликованы (*Phot. Korresp.* 1892, 5.435) Льюмер опубликовал способ приготовления "беззериристой" эмульсии (*Bull. Soc. Franc., de photogr.* 1893, 5.249). Ниже описывается этот способ по последней прописи, опубликованной в 1899 (*Bull. Soc. Franc.*, 1899, 5.84).

4г желатина дают набухать в 100мл воды, и затем плавят. Полученный раствор смешивают с 0,53г бромистого калия и смесью из 6мл хинолинового синего (1:500) и 3мл хинолинового красного (1:500). После охлаждения до 40°C добавляют 0,75г. тонкого порошка сухого азотнокислого серебра, перемешивают стеклянной палочкой в течении 1-2 минут и фильтруют через стеклянную вату. Приготовленную эмульсию поливают на пластиинки, при этом избытку эмульсии дают стечь, как при поливе коллоидных пластиинок. Температура эмульсии не должна превышать 40°C. После застудневания слоя пластиинки промывают в проточной воде. Так как поливаемый слой является очень тонким, то требуется очень небольшое время для его промывки. Такой способ изготовления пластиинок является выгодным ~~и~~ для устранения ^{созревания} зерен бромистого серебра при приготовлении эмульсии.

После достаточной промывки, политые пластиинки высушивают, перед экспонированием их погружают в раствор 1г азотнокислого серебра в 200мл этилового спирта, к которому добавлено 1мл уксусной кислоты. Это повышает общую светочувствительность пластиинок и одновременно улучшает бриллиантность полученных изображений. Однако такая обработка имеет тот недостаток, что получаемые пластиинки сохраняются не-долго. После купания пластиинки высушиваются и должны скорее употребляться (из за плохой их сохранности).

Для проявления получаемых цветных фотографий бр.Люмьер рекомендовали следующий проявитель:

- | | |
|--|-------------------|
| а) Вода | 100мл |
| Пирогаллол | 1г |
| б) Вода | 100мл |
| Бромистый калий | 10г |
| в) Аммиак водн.раствор уд.в. 0,96 (при 18°C) | <i>специальст</i> |

Для проявления перед употреблением раствора а) - 10мл,
б) - 15мл, в) - 5мл и воды - 70мл.

Концентрация аммиака в проявителе имеет большое значение, так как от нее в известной мере зависит получение цветных изображений. После проявления пластинки промывают, фиксируют в водном растворе цианистого калия (5:100) в течение 10-15 секунд, промывают и сушат. Для устранения действия ультрафиолетовых лучей при одновременном снижении действия синих и фиолетовых лучей, при экспонировании рекомендуется применять светофильтры.

6. Опыты автора по изготовлению желатиновых сухих фотопластинок для получения цветных интерференционных фотографий.

Описанный выше способ Люмьера во многих отношениях аналогичен ранее опубликованному моему способу изготовления бромосеребряных желатиновых фотопластинок для фотографирования по методу Липпмана. Я сам убедился в полезности промывки эмульсии на самой пластинке. Такая промывка проводится быстро. Поэтому она устраниет рост эмульсионных зерен, которые, даже будучи еще незначительными, мешают воспроизведению цвета, в особенности, синего и фиолетового.

Ниже я привожу точное изложение хода работ, необходимых для изготовления цветных фотографий, которые основаны на собственных многочисленных опытах. Обращаю внимание, что эти опыты большей частью были опубликованы и демонстрировались еще до опубликования рецептуры бр. Люмьер и что я сам нашел путь к приготовлению требуемых эмульсий, на которых бр. Люмьер изготовили их замечательные цветные фотографии.

A. Бромосеребряные желатиновые фотопластинки.

Обычные бромосеребряные желатиновые пластиинки, применяемые в фотографической практике, как уже упоминалось, имеют настолько большое эмульсионные зерна, что они ни в какой мере не удовлетворяют первому основному требование липпманского способа "Непрерывности слоя". (см. выше). Известно, что светочувствительность бромистого серебра в желатиновой эмульсии растет с ростом зерен (см. *J. M. Eder, Die Phot. mit Bromsilbergelatineplatte. Haage, 1903*) что этот рост зерен повышается при добавлении к эмульсии амиака при её нагревании (созревание бромистого серебра).

Для получения почти "беззернистой" эмульсии основная задача заключается в уменьшении возможности её созревания при приготовлении, или, иначе, уменьшения роста зерен. Такие "беззернистые" эмульсии получают при возможности низкой температуре ($30-35^{\circ}$). Растворяют необходимое количество азотнокислого серебра и отдельно готовят раствор бромида и желатины. Приливавший раствор азотнокислого серебра к раствору бромида и желатины, при этом не образуется помутнения, а получают лишь слабо опалесцирующую жидкость. Последнюю следует употреблять в дело возможно быстрее, во избежание укрупнения зерен.

Ниже приводится рецептура изготовления бромосеребряной эмульсии, полученной в результате многочисленных трудоемких опытов и давшей удовлетворительные результаты.

Готовят два раствора

A) Желатина	10г
Вода	300мл
Азотнокисл.серебро	6г
Б) Желатина	20г
Вода	300мл
Бромистый калий	5г

Эти растворы охлаждают приблизительно до 35°C , затем в темной комнате (при исключении дневного света) раствор А медленно вливают при помешивании в раствор Б, причем получается почти прозрачная лишь слабо опалесцирующая жидкость. Полученную эмульсию, (если можно так назвать эту жидкость) следует возможно быстрее (чтобы избежать её созревания), сразу после слияния растворов, затем фильтрации и необходимой сенсибилизации, поливают на пластиинки. Пластиинки переносят на установленную по уровню стеклянную или мраморную ~~диски~~, на которой

Эмульсия быстро застудневает. Затем политые пластиинки промывают, как описано ниже, в проточной воде в течение 15 минут, что вполне достаточно, чтобы удалить растворимые соли.

Эмульсию перед поливом следует профильтровать, для чего лучше всего воспользоваться слоем конопляного волокна.

Для этого итальянское конопляное волокно кипятят в разбавленном растворе едкого кали, затем многократно в воде, после чего хорошо промывают в проточной воде и сушат. Вместо слоя конопляного волокна можно употреблять тонкую стеклянную вату. Через это волокно помещенное в воронку, пропускают расплаэченную эмульсию.

При поливе пластиинок следует обращать внимание на то, что бы толщина поливаемого слоя не превышала известной величины, поскольку лучшие результаты получались с тонкими слоями.

Для полива пластиинок можно использовать небольшой прибор, показанный на рис. I5. После полива пластиинки переносят на вращающийся диск этого прибора, на котором избыток политой эмульсии удаляется центрофугированием.

При изготовлении пластиинок необходимо обращать внимание на то, чтобы политые застуденные пластиинки перед промывкой были обработаны разбавленным раствором спирта, так как в противном случае к пластиинкам прилипают воздушные пузырьки и после промывки эмульсионный слой кажется покрытым как бы маленькими иголочными уколами. Чтобы предотвратить образование этих пузырьков, после застудневания политые пластиинки помещают в разбавленный раствор спирта, который перемешивают до полного исчезновения отдельных воздушных пузырьков. После этого пластиинки хорошо сполоскивают водой под душем, промывают 12-15 минут в проточной воде и быстро высушивают, лучше в вентилируемом сушильном шкафу. Высушенные пластиинки в проходящем свете являются прозрачными; при рассматривании в отраженном свете на них можно заметить легкую опалесценцию слоя.

Если полученные фотопластиинки подвергнуть воздействию паров амиака, то зерна галогенидов серебра мгновенно укрупняются, светочувствительный слой становится белым и почти непрозрачным и непригодным для изготовления цветных фотографий.

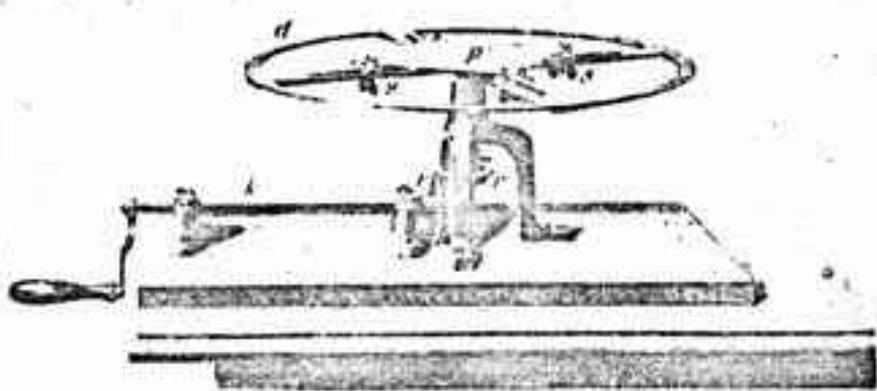


Рис. 15.

Изготовленные фотопластинки, сравнительно с обычными бромосеребряными пластинками, обладают лишь незначительной светочувствительностью. Совершенно не созревшие "беззернистые" бромосеребряные желатиновые пластинки, дающие лучшие цветные фотографии, более чем в тысячу раз менее светочувствительны, чем обычные продажные пластиинки.

Спектральная светочувствительность "беззернистых" фотопластинок является максимальной между Фраунгоферовыми линиями G и F , т.е. по отношению к синим лучам (рис. I6). Она быстро уменьшается в сторону более длинноволновой части спектра. Чтобы фотопластинки сделать чувствительными к желтым и красным лучам, полученную эмульсию подвергают оптической сенсибилизации перед поливом. Можно также подвергать оптической сенсибилизации готовые фотопластинки, путем их купания перед употреблением в некоторых растворах. В качестве таких растворов (оптических сенсибилизаторов) употребляют, например, растворы цианина, хинолинового красного, эритрозина, зозина и зозинового серебра. Эти красители сенсибилизируют обрабатываемые ими фотопластинки к отдельным областям спектра, например, зозин-желтовато-зеленой, цианин-красной. Применяемые в последнее время для изготовления панхроматических фотопластинок красители пинакрианолового ряда ~~чувствуют~~ чувствуются как к красной, так и к желто-зеленой области спектра. Обработанные этими красителями пластиинки чувствительны ко всем лучам видимого спектра (от красного до фиолетового) за исключением небольшой области в его зеленой части. К таким красителям относятся этилрот, ортохром, пинахром (см. рис. I6).

Для оптической сенсибилизации сухих "беззернистых" желатиновых фотопластинок ~~Айвс~~ применял краситель изокол (фабрики красок Эльберфельдер).

Чтобы сделать изготавляемые "беззернистые" фотопластинки чувствительными к оранжевым лучам (до Фраунгоферовой линии С) я употреблял спиртовой раствор цианина (I:500), который добавлялся в количестве 1-2мл на 100мл эмульсии перед поливом её на пластиинки. В других опытах готовые сухие пластиинки купали в течение 2 минут в ванне, состоящей из 1-5 мл выше указанного раствора цианина в 100 мл воды. (этот раствор перед употреблением следует фильтровать).

При фотографировании спектра на фотопластинках, сенсибилизованных цианином, в большинстве случаев, в особенности при небольших экспозициях, получают прерывистые изображения спектра, в которых преобладают максимумы между Фраунгоферовыми линиями С и Д. Данный недостаток можно устранить дополнительным экспонированием синей и зеленой части спектра с применением подходящего светофильтра. Это, однако, не является обязательным, поскольку такой же результат можно получать, если пластиинки непосредственно перед употреблением подвергнуть обработке в растворе 5г азотнокислого серебра в 1л этилового спирта, к которому добавляют приблизительно 5г уксусной кислоты. При такой обработке повышается как общая светочувствительность пластиинки, так и их светочувствительность к синим лучам, в результате чего при меньших экспозициях получаются фотографии всего спектра с бриллиантовой передачей синего цвета.

Цианиновые красители сенсибилизируют бромосеребряные пластиинки с получением максимума светочувствительности между Фраунгоферовыми линиями С и Д, в то время как эритрозин дает максимум между линиями Д и Е (см. рис. I6). Поэтому для сенсибилизации эмульсии целесообразно употреблять смесь обоих красителей. Действие смеси этих красителей зависит также от их количества соотношении смеси. Из моих многочисленных опытов лучшие результаты показало добавление к 100мл эмульсии 1-2мл смеси красителей состоящей из:

4мл раствора цианина (1:500) и
2мл раствора эритрозина (1:500).

Во многих случаях оказалось полезным применение фогелевского красителя азолина, представляющего собой смесь 0,1г хинолинового синего, растворенного в 50мл этилового спирта, 1г алкоголя и хинолинового красного растворенного в 500мл этилового спирта. Фогелевский краситель азолин добавляют в эмульсию в соотношении, подобном раствору цианина. Вместо цианина при такого рода сенсибилизации может быть использован пиноцианол, при этом получаются пластиинки очень хорошего качества. Для сенсибилизации так же может быть использован бромазолин в комбинации с пинацианолом или пинасеребряная соль зозина, особенно пригодна для сенсибилизации пластиинок путем купания. В некоторых случаях с этим сенсибилизатором я получал очень хорошие результаты при воспроизведении смешанных цветов.

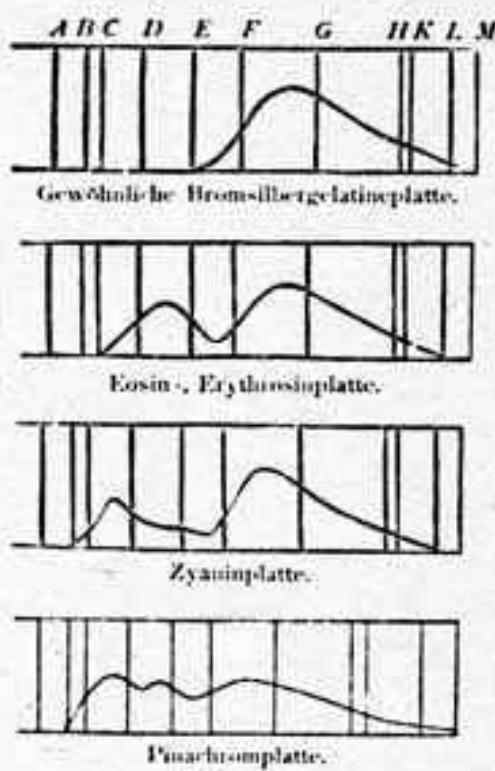


Fig. 16.

.**Б. Хлоросеребряные и хлоробромосеребряные желатиновые эмульсии.**

Если изготовить по опубликованному способу хлоросеребряную эмульсию с соблюдением тех же условий её приготовления, что и для бромосеребряной, то она может быть получена более совершенной в отношении дисперсности зерен, но менее чувствительной, чем бромосеребряная эмульсия. Однако, если на 100мл такой эмульсии добавить перед поливом 1,5мл раствора цианина, то можно получить фотопластинки, обладающие относительно большей чувствительностью к красным, желтым и зеленым лучам между фраунгоферовыми линиями С и Е, и напротив, относительно малочувствительные за границей линии Е конца спектра.

То обстоятельство, что хлористое серебро является более подходящим для оптической сенсибилизации или, иначе, что для него максимум сенсибилизации выступает сильней и быстрей, чем для бромистого серебра, констатировалось еще Эдером (см. *Ernst Hahnemann. Röntgen, III, T. 4 Aufsätze, 1890, S. 175*) максимум собственной светочувствительности хлористого серебра находится вблизи линии Н границы фиолетовой и ультрафиолетовой части спектра. Вместе с тем, при применении спектроскопов прямого видения последняя не может быть оценена, из-за поглощения света в большей толще стекла. При этом, вследствие относительно меньшей светочувствительности хлористого серебра к голубой части спектра, чем к фиолетовой, на цветных фотографиях голубой цвет получается не соответствующим натуральному цвету. Однако он получается с удовлетворительной яркостью, если в хлоросеребряную желатиновую эмульсию добавить 30-50% бромосеребряной эмульсии и приготавливать её при несколько более высокой температуре ($\sim 40^{\circ}\text{C}$), чем это описано для бромосеребряных желатиновых эмульсий.

При приготовлении эмульсии с одновременной эмульсификацией хлористого и бромистого серебра и затем добавлением сразу в эмульсию красителя можно получить приблизительно равномерную сенсибилизацию по всему спектру. При фотографировании на таких пластинках, красный, желтый и зеленый цвета получаются особенно бриллиантными.

На основании многих опытов для получения липпманских цветных фотографий наиболее подходящей оказалась следующая рецептура для приготовления эмульсий.

I

A)	Вода	200мл
	желатина	10г
B)	Вода	15мл
	азотнокислое серебро	1,5г
B)	Вода	15мл
	Бромистый калий	0,35г
	Хлористый натрий	0,35г

Раствор желатина (а) разделяют на две равные части; одну часть вливают приблизительно при 35-40°C в раствор (б), а другую в раствор (в) и хорошо перемешивают. После этого полученный раствор (б) вливают в раствор (в).

II

A)	Вода	300мл
	желатина	10г
	Азотнокислое серебро	6г
B)	Вода	300мл
	Желатина	20г
	Бромистый калий	2,4г
	Хлористый натрий	1,5

Температура растворов 35°C.

C. Получение цветных фотографий спектра света.

При изготовлении цветных фотографий спектра я пользовался съемочным аппаратом, подобным тому, который применял Липпман, но с тем различием, что в нем вместо открытой кассеты была совершенно закрытая. Такая кассета могла быть присоединена непосредственно к небольшому спектрографу Штейнхеля (см. рис. I7), в который она вдвигалась на место обычной кассеты.

Сконструированная кассета состоит из деревянной рамки, с одной стороны которой имеется задвижка, а с другой-открывающаяся крышка. Через ~~расположенную~~ в кассете может быть легко вставлена же-

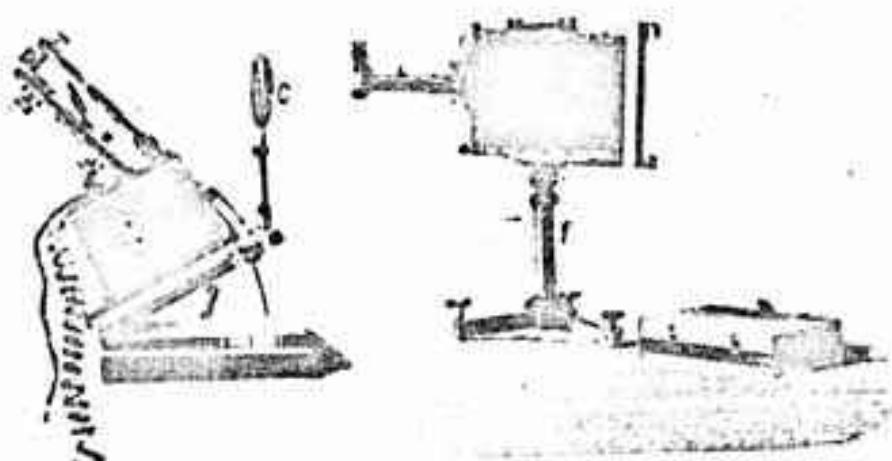


Рис. 17.

лезная рамка с фотопластинкой и ртутью. Эта часть аппарата (рис. I8 а и б) состоит из передней стенки *R* выступает вверх на 2мм и через нее в кассету наливается ртуть. Она также имеет каучуковое уплотнение и с помощью рамки *D* и двух пружин *K* и *K₁*, прижимается к светочувствительному слою фотопластинки. Передняя железная стенка в двух местах просверлена.. Эти отверстия закрываются с помощью железных винтов и служат для наполнения кассеты ртутью. Пользование кассетой очень просто. Фотопластинки (эмulsionионным слоем вверх) помещают на каучуковое уплотнение рамки. Затем вставляют переднюю стенку в кассету, прижимают её рычагами *K* и *K₁*, снабженными пружинами. После этого кассету заполняют ртутью, закрывают отверстие для её заполнения, и помещают в деревянную рамку, снабженную пазами (как обычная кассета). Заряженная таким образом кассета может быть вставлена в спектрограф Штейнгеля или в подходящую фотокамеру для фотографирования ландшафтов.

При использовании солнечного света и щели в спектрографе, равной ~ 0,3 мм, продолжительность экспонирования составляет 0,5 - 1 мин. в то время как при раскрытой щели и применении собирающей линзы она может быть снижена до 10-20секунд.

Для проявления экспонированных фотопластинок не может применяться любой проявитель. Как уже упоминалось выше, пригодным является проявитель, который при проявлении образует не темные осадки серебра, а возможно наиболее белые. Для этого подходящим является проявитель, который используется для бромосеребряных хелатиновых ферротипных пластинок, так как в данном случае, также требуется образование при проявлении белого осадка серебра.

Я применял следующий пирогалловый проявитель.

Раствор А:	Пирогаллол	4г
	Вода	400мл
	Азотная кислота	6 капель

Раствор Б:	Бромистый калий	10г
	Вода	400мл
	Сульфит аммония	12г
	Амиак ($\alpha=0,91$)	14мл

Смешивают 2 - 3 части раствора Б с 1 частью раствора А и с 12-14 частями воды.

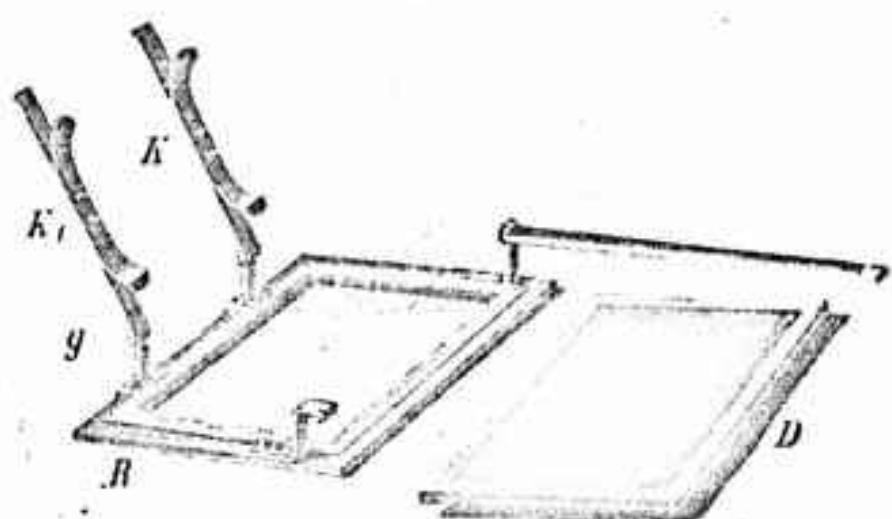


Рис. 18а.

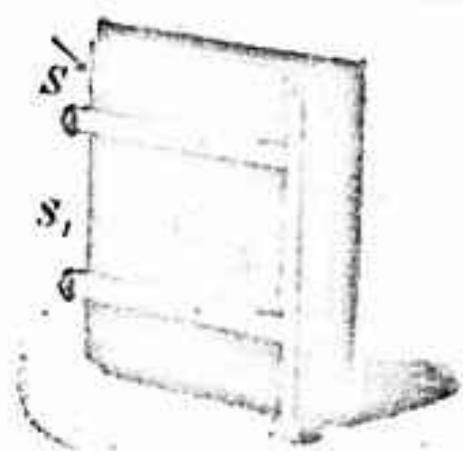


Рис. 18б.

При проявлении в данном проявителе образуется светлый осадок серебра. После последующего фиксирования, промывки и затем, сушки за пластинах можно видеть живо образование цветных изображений. Хорошие результаты показал проявитель, рекомендованный Люмьером (см. стр. 41), который мною применялся в несколько измененном виде, а именно:

Раствор а)	Вода	100 мл
	Пирогаллол	1г
Раствор б)	Вода	200мл
	Бромистый калий	20г
	Аммиак ($\text{D}=0,96$ при 18°)	67мл

Перед употреблением смешивают: 10мл раствора а),
20мл раствора б) и
70мл.воды.

При проявлении хлоробромосеребряных пластинок этот проявитель разбавляют в два раза, при этом экспонирование проводится дольше. Пластинки проявляют до тех пор, пока не достигается необходимая плотность. При фотографировании спектра он кажется почти сплошным.

Как бромосеребряные, так и хлоробромосеребряные желатиновые пластиинки фиксируют (после сполоскания) лучше всего в четырех пятипроцентном растворе цианистого калия. При этом удаляется легкая вуаль. Если пластиинки поливались тонким слоем или после полива центрифугировались, то продолжительность их фиксирования составляет 10--20 сек. Их промывка в проточной воде продолжается также недолго (несколько минут), сохнут они (вследствие небольшой толщины эмульсионного слоя) очень быстро и равномерно. При правильной экспозиции и правильном проявлении, после промывки и сушки на получаемых фотографиях можно видеть очень бриллиантно натуральные цвета. При употреблении в качестве фиксирующего вещества цианистого калия яркость цветов получается большей, чем при фиксировании в растворе тиосульфата натрия.

Представляются интересными результаты моих опытов с усилением обработанных фотопластиинок. В этих опытах экспонирование проводилось очень короткое время и после проявления, фиксирования (в растворе тиосульфата натрия), промывки и сушки, на полученных пластиинках почти не обнаруживалось никакого цветного изображения. Если же

их обработать в слабом растворе хлорной ртути (сулемы) и после промывки восстановить отбеленное изображение в растворе амидола с сульфитом натрия, то оно чернеет и на нем после сушки можно видеть прямое ясное цветное изображение, нюансы которого, однако, не полностью совпадают с изображением полученным непосредственно на цветных фотографиях Липпмана. На полученных фотографиях можно видеть цветное изображение только со стороны эмульсионного слоя и со стороны стекла; на просвет они окрашены в черно-коричневый цвет.

7. Применение липпманского способа для воспроизведения

смесей цветов в их изображениях.

После того как Липпману удалось правильно воспроизвести цвета спектра света, он попытался с помощью разработанного им способа сфотографировать изображение со смесью цветов. 25 апреля он продемонстрировал в Парижской Академии наук цветные фотографии, воспроизводившие различные цветные объекты, а именно, ветраж (стеклянную картину) в четырех цветах (желтом, синем, зеленом и красном) далее тарелку с апельсинами, на которых лежит красный мак, ряд флагов, птицу. При их фотографировании при солнечном освещении выдержка составила от 5 до 10 минут, в то время как при рассеянном дневном свете необходимо было экспонировать в течение часа. Полученные фотографии ландшафта, позволяли хорошо распознавать зелень беседки и коричневый цвет каменных строений, в то же время синее небо выглядело подобным цвету краски индиго.

На одной интернациональной выставке в Париже были выставлены более поздние цветные фотографии Липпмана, представляющие собой цветное стеклянное окно, ветку с красными ягодами и цветного попугая. Эти цветные изображения размером 4 см, были раскритикованы с различных сторон. При этом один английский журналист (*W. Swan. Photographic Works. 1895*) даже высказал свое суждение о том, что липпманский способ практического значения не имеет.

Однако, интерференционный способ Липпмана несколько лет спустя имел большой успех. II мая 1893 г. в г. Лионе в Парижском "Фотоклубе" и позже в этом же году на выставке "Международного объединения фотографии" в Женеве Люмьером были выставлены его цветные фотографии, в том числе портреты на бромосеребряных желатиновых

пластинах и один ландшафт, который действительно воспроизводил естественно отдельные цвета деревьев, газоны, цветы и др. При фотографировании этих изображений при солнечном освещении требовалась выдержка от 5 до 10 минут. После этого было успешно выполнено много работ по усовершенствованию липпманского способа в разных отношениях.

Для получения цветных фотографий я пользовался съемочной камерой с применением описанной выше кассеты, приспособленной к формату 13x18 см. Для фотографирования использовались фотопластинки, сенсибилизированные цианином и эритрозином. Изготовление их было подробно описано выше (см. стр. 30-39). Мною были сделаны ряд снимков в большинстве случаев различных цветов и подобных им объектов. Для поглощения фиолетовых и ультрафиолетовых лучей при съемке применялся слабо желтый светофильтр. С этой же целью можно использовать пластинку, покрытую коллодием или же, что я предпочитаю, на пути лучей поставить стеклянную кювету из плоскопараллельных зеркальных стекол, в которой находится слабый раствор примулина или аналогично действующего красителя.

Как я уже подчеркивал при рассмотрении условий фотографирования спектров, при фотографировании цветных объектов еще большее значение приобретает тщательный подбор сенсибилизаторов для фотопластинок и установление правильной выдержки. Для съемки вышеуказанных объектов при применении светосильного портретного объектива со средней диафрагмой и непосредственным освещением солнцем, выдержка должна быть от 10 до 15 минут. Эти опыты проводились мною в октябре и ноябре, когда освещение очень неблагоприятно. Поэтому, летом выдержка при фотографировании должна быть соответственно уменьшена. В качестве проявителя я пользовался уже упомянутым выше модифицированным пироаммиачным проявителем Люмьера.

8. Опыты Нейгауза и Лемана. Аппаратура для цветной съемки по интерференционному способу.

Четыре года спустя после первого издания этой книги (1894г), Нейгауз изложил результаты своих работ в области интерференционной фотографии (см. т. 33 "Энциклопедия по фотографии"), которые в периодической литературе были опубликованы позже (Fest. Rundschau, 1904, № 100).

Нейгауз вначале считал, что фотопластинки с яичным белком дают более надежные результаты, чем с желатиной, так как было трудно найти желатину, обеспечивающую получение хороших результатов. Однако, позже он нашел необходимую желатину и получил очень хорошие результаты. Для сенсибилизации получаемых "беззернистых" желатиновых фотопластинок он рекомендовал прежде всего глицинат, который был введен мною в качестве сенсибилизатора. Для проявления Нейгауз применял сильно разбавленный амидоловый проявитель с последующим отбеливанием обработанных фотопластинок суклемой и чернением отбеленного изображения амидоловым проявителем.

Г. Родде (*Vid. See. Frane. Photo. № 333*) также рекомендует применять амидоловый проявитель и процесс усиления суклемой. Он проявлял в 10 раз разбавленным водой раствором амидолового проявителя, состоящего из I части амидола, 10 частей сульфита и 100 частей воды. После проявления следует фиксирование в 15% растворе тиосульфата натрия, промывка, отбеливание в однопроцентном растворе суклемы и чернение амидоловым проявителем. Люппо-Крамер вместо цианистого калия для фиксирования употреблял раствор тиосульфата натрия с небольшим количеством бисульфита натрия, при этом указывал для ускорения процесса фиксирования вообще может быть опущено.

Значительное усовершенствование аппаратуры для изготовления липпманских цветных фотографий было проведено в 1905-1909 гг. в работах Лемана (см. *H. Lehmann, Beiträge zur Theorie und Technik der sogenannten FarbenPhotographie, 1906*; *"Über die direkten Verfahren der Farbenphotod*-*graphie nach Kir惆ann und Lumière," Verhandl. d. Deutschen phys. Gesellschaft, 18. Nr. 26, 1902*, *"Interferenzfarbenphotographie mit leichten Farbstoffen"* *Phil. Magaz., VI, N 22, 1909*; *"Die Farben der Interferenzfotoplatten," Phot. Rundsch., 1909*). Леман изготавливал сухие желатиновые фотопластинки и подбирал для них светофильтры, но подробного описания изготовления пластинок он не приводил. Фотопластинки выпускались фирмой "Яре", в Дрездене. Аппаратура для изготовления и рассматривания цветной фотографии Липпмана (кассеты, светофильтры, кюветы для бензоля и др.) выпускались в продажу фирмой Цейсс в Иене. Выпускавшиеся сухие фотопластинки

ники при фотографировании спектра выявляют две полосы сенсибилизации, которые подобны пластинкам, сенсибилизованным пинацианолом. Ее сенсибилизация в красной зоне спектра простирается вплоть до Фраунгоферовой линии В.

Вместо подбора необходимых сенсибилизаторов для отдельных областей спектра, с целью лучшей цветопередачи снимаемого объекта, Легран предпочитал применение корректирования их действия при съемке с помощью светофильтров. Он рекомендует применять возможно наиболее интенсивное освещение при съемке и светосильные объективы $f/4,5$ до $f/3,5$ ("Тессар" Цайса). При таких условиях при фотографировании пейзажей на солнечном свете выдержка составляет примерно 1-2 минуты, с использованием рекомендованного способа последующего усиления обработанных пластинок. Экспонированную фотопластинку проявляют в амидоловом проявителе, промывают, отбеливают в растворе суплемы и после короткой промывки чернят в амидоловом проявителе. Для сушки приготавливают два запасных раствора:

I. Дистиллированная вода	25мл
Сульфит натрия	5г
Амидол	0,5г

Сначала растворяют отдельно в воде сульфит натрия и после этого добавляют амидол. Затем фильтруют.

II. Дистиллированная вода	100мл
Суплема	2гр

Раствор I на воздухе быстро окисляется и после окрашивания в коричневый цвет становится негодным для употребления. Во избежания этого в него амидол добавляют непосредственно перед употреблением.

Для проявления смешивают 1-5мл раствора I со 100мл воды.

Продолжительность проявления составляет от 2 до 5 минут. При наличии большого контраста раствор I берут меньше и проявляют дольше. Так как плотность получаемых почернений должна быть небольшой, то лучше проявлять в белой кювете, чтобы легче было следить за процессом проявления. После проявления следует кратковременное сполоскание пластинок, затем фиксирование в 25-процентном растворе тиосульфата натрия (1-2 мин.) и окончательная промывка.

Для проявления фотографий спектра Леманом рекомендован пирогаллоловый проявитель, приготовляемый из двух запасных растворов.

Раствор I. Дистиллированная вода	100мл
Метабисульфит калия	0,2г
Пирогаллол	1 г

Сначала растворяют метабисульфит калия и затем добавляют пирогаллол.

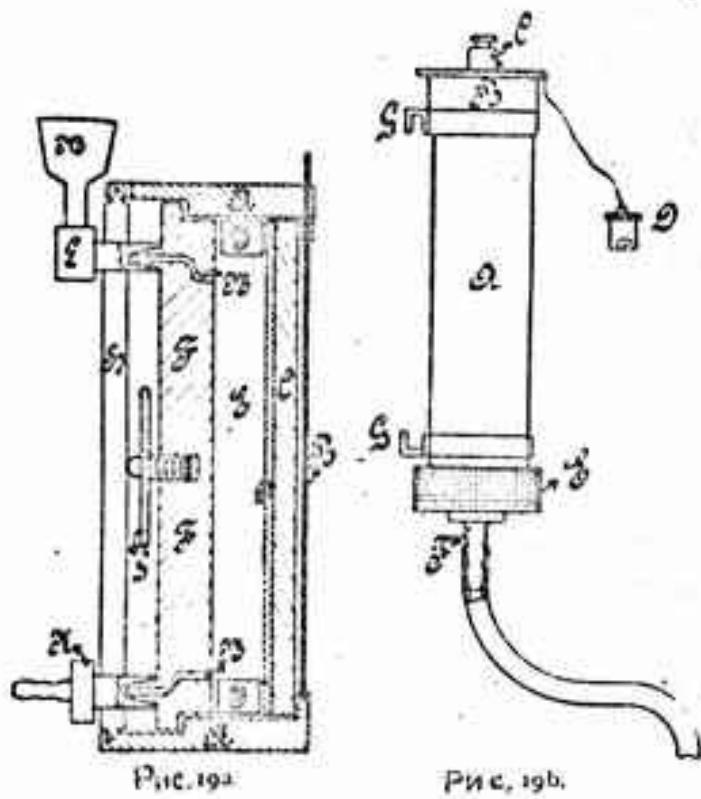
Раствор 2. Бромистый калий	15г
Дистиллированная вода	150мл
Аммиак, удельн.веса 0,91	30мл

Для употребления смешивают 3мл раствора I со 100мл воды, после чего добавляют 6мл раствора 2. Для достижения очень нежных и чистых цветов берут меньше раствора 2 (приблизительно от 2 до 4мл); при его большем добавлении получается больший световой контраст, но меньшая насыщенность цветов.

Продолжительность проявления в аммиачном проявителе при 15-18°C составляет всего лишь 1-1,5 минут. После проявления пластиинки промываются в проточной воде (прибл.1 мин.) и затем, в случае необходимости их дальнейшего хранения, они фиксируются до одной минуты в 20% растворе тиосульфата натрия, наконец промываются в течение 3 мин. и высушиваются.

При незначительной светочувствительности "беззернистых" фотопластинок процесс их проявления время от времени можно контролировать при обычном затемненном ламповом свете.

Опишем аппарат, сконструированный Леманом в оптическом предприятии К. Цейса, для съемки липпманских цветных фотографий. На рас. 19а показан разрез его кассеты. В рамке А, прижимаемой заслонкой В, находится пластиинка С с эмульсионным слоем Д, обращенным к объективу. К слою с помощью винтов Е, задвижки Н и крышки Г прижимается резиновая рамка І. В образовавшееся свободное пространство К перед экспозицией наливается ртуть. Для наполнения кюветы ртутью, вращением круга Е (рис. 19б) открывают вентиль входной трубки, соединенной с кюветой К для заполнения ртути с помощью каучуковой трубки, и медленно поднимают сосуд с ртутью до тех пор пока она не покажется в воронке М. Для этого вентиль стального сосуда со ртутью



закрывают и вешают его с помощью крючка G на фоторамагнат.

Когда экспонирование закончено, для слива ртути из кюветы поступают в обратном порядке. На рис. 20 показана кассета со ртутью, готовая для транспортирования с откинутой трубкой, а так же сосудом для ртути, шланг от которого на рис. 19а отсутствовал.

Если необходимо экспонировать ряд фотопластинок (одну за другой), то это можно быстро осуществить с помощью специальной "сменной кассеты", которая принципиально подобна описанной выше кассете, но разрешает необходимую смену фотопластинок при дневном освещении в то время, когда она находится в камере. Фотопластинка в кассете — находится в светонепроницаемой рамке с двумя заслонками, которые на одном конце связаны между собой и поэтому могут выдвигаться одновременно.

На рис. 21а показан разрез "сменной кассеты". В футляре D , закрываемой заслонкой E находится пластиинка F , которая параллельно себе может перемещаться с помощью винта G . На пластиинке F находится резиновая рамка H . Фотопластинка A помещается в светонепроницаемой рамке C с заслонками B (рис. 21). Рамка H вращением винта G прижимается к пластиинке, которая при этом прижимается к J . Затем, как и в обычной кассете, она заполняется ртутью, проводится экспонирование, выпускается ртуть, устанавливается новая пластиинка и т.д.

Ртуть, применяемая для заполнения кассеты, должна быть химически чистой; она должна быть после некоторого числа произведенных снимков снятых пластиинок профильтрована обычным образом (прессованием через кожу).

Леман рекомендует перед проявлением экспонированный эмульсионный слой протирать равномерно козьей кожей. При этом могут употребляться и слабо полирующие средства, что, однако, может рекомендоваться только лицам, имеющим большой навык.

Дубление незэкспонированных бромосеребряных желатиновых фотопластинок формалином (5мл., 40% формалина на 100мл воды) с последующей промывкой и сушкой является хорошим средством для предотвращения возникновения на эмульсионном слое пятен.

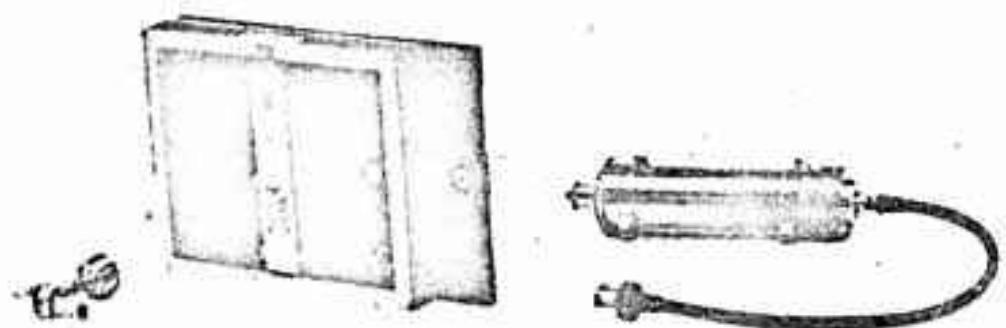


Рис. 20.

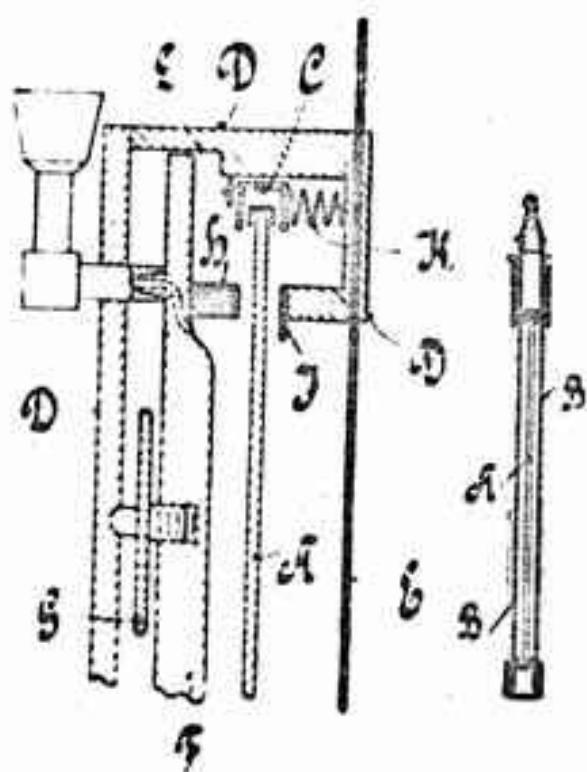


Рис. 21а

Рис. 21б.

9. О воспроизведении и корректировании цвета в липпманском способе цветной фотографии.

Г.Кроне (Deutsche Photgraphenzeitung, 1892, с. 182; *Эдэл, Журнал ф. фотограф., 1893*) рассматривает ряд правил, необходимых для получения натуральных цветов в липпманском способе цветной фотографии, которые в большей части совпадают с моими опытами. Условиями, при которых в липпманском способе возможно правильное бриллиантное воспроизведение цветов, по Кроне являются следующими:

1) Необходимо, чтобы светочувствительный слой был чрезвычайно однородным и чтобы отраженные при соприкосновении с ним лучи интерферировали с падающими на него лучами и образовывали в слое стоячие волны.

2) Если получаемый слой с изображением превосходит определенную толщину, то требуемые цвета или вообще не получаются или же создается впечатление, что они имеют окраску другого цвета (других длин волн). Подобные явления в различных вариантах возникают там, где на нормальном слое имеются различные пылинки.

3) Воспроизводимые в изображениях цвета являются не абсолютно достоверны и не абсолютно локально правильными, а лишь относительными и, как правило, без исключения зависят:

а) от требуемого и благоприятного соответствия тонко распределенных в эмульсионном слое галогенидов серебра, применяемых сенсибилизаторов и их количества,

б) температуры при сушке фотопластинок,

в) от экспозиции при фотографировании и

г) от проявления экспонированных фотопластинок.

При наличии менее благоприятного соответствия упомянутых факторов, например, при передаче синего и зеленого цветов в них может появляться красный и желтый и др. На полученные результаты иногда оказывает ненормальное рассеяние света при съемке, вследствие чего некоторые цвета могут совершенно отсутствовать.

4) Избыточная или недостаточная влажность эмульсионного слоя при съемке и обработанного слоя при рассматривании изменяет цвета полученных изображений.

5) При низком стоянии солнца во время фотографирования спектра света (вскоре после восхода или незадолго до заката солнца), когда более преломляющиеся лучи характеризуются меньшей активностью, даже при наличии удлиненной экспозиции не воспроизводятся фиолетовый и синий цвета (сначала исчезает ультрафиолетовый, затем синий); при увеличенной экспозиции эта область спектра кажется разбавленной зеленой или выглядит стальным серым цветом.

6) При достаточно большой экспозиции невидимые инфракрасные лучи (за линией А) на получаемых фотографиях представляются темно-пурпурными, а ультрафиолетовые лучи (за линией Н) выглядят в виде желтовато-розовато-красноватого лавандового цвета.

7) При использовании в качестве источника света дуговой электрической лампы, внутри ультрафиолетовой области спектра (за Фраунгофровой линией Н) выступает интенсивный максимум света (отдельно от группы Н), который при очень больших экспозициях выглядит в виде более интенсивного синего цвета, чем синий индigo солнечного спектра.

8) Активичность электрического дугового света (на расстоянии 36 см пластиинки спектроскопа от острия угла положительного полюса дуги) относится к активичности прямого солнечного света (в апреле при прозрачном небе в полдень) как I:38 - I:40.

9) Лишь только при применении Липпманского способа с ртутным зеркалом и соблюдении условий, указанных выше в п.3, может получаться правильное воспроизведение в изображении всех цветов спектра (на тех же местах, что и в оригиналe).

К вышеуказанным условиям, характеризующим воспроизведение различных цветов в липпманской способе цветной интерференционной фотографии необходимо добавить следующие данные разных экспериментаторов.

К п.1 Как уже указывалось (стр.16), размер эмульсионных зерен применяемых фотопластинок не должен превышать некоторой известной величины. Если это условие выполняется не полностью, то получается неправильное воспроизведение изображения спектра. При этом может быть и так, что за счет некоторых изменений условий изготовления эмульсии (например, повышенной температуры, более длительное выдерживание эмульсии при 40°C и др.) на полученных фотопластинках будут хорошо передаваться красный, желтый и зе-

леный цвета, но лишь в незначительной мере синий и совершенно не передаваться фиолетовый цвет.

Такие фотопластинки имеют несколько более сильную опалесценцию, чем при точном соединении требуемых условий их изготовления для липпманского способа (см. выше). В них можно видеть в микроскопе эмульсионные зерна, но даже при сильной передеряжке на них не передается фиолетовый цвет. Если при изготовлении фотопластинок температура была намного выше 40°C и эмульсия созревала длительное время, то на получаемых таким образом пластинах имеется сильное помутнение эмульсионного слоя и на них больше не передаются никакие цвета.

К п.2 Для получения тонких слоев в фотопластинках можно или уменьшить содержание желатины в поливаемой эмульсии или давать её избытку стечь с пластинок во время полива (см. выше). На пластинах с чрезмерно толстым эмульсионным слоем получается ненормальное изображение, с незначительной ориентированностью цвета и часто со сдвигом (неправильным расположением) разных цветов в спектре.

Такой сдвиг наблюдал Штольц (*Photogr. Nachrichten 1892 S. 27*) на цветных фотографиях спектра, изготовленных Кроне на альбуминовых фотопластинках, и на основании этого сделал вывод о несоответствии теории липпманского процесса с практическими результатами.

Данное явление наблюдается тем сильней, чем толще эмульсионный слой. Ценкер (*Erlag. Zahl 6 f. Photogr. 1893, S. 114*) такое превращение (сдвиг) цветов объясняет своеобразной пластинчатой структурой слоя, что является непонятным (со стороны слоя красная область в таком спектре выглядит оранжево-красной, а желтая и желто-зеленая области переворачиваются).

Представляется, что правильное объяснение указанному выше получению неправильных цветов в интерференционных изображениях дал О. Винер (*Ann. d. Phys. u. Chem. 1899. Bd 69, S. 458*). Как он показал, основная причина рассматриваемого явления заключается в изменении фазы световой волны при её отражении от ртутного зеркала.

Это изменение фаз может быть различным и его величина зависит от качества поверхности желатинового слоя. При таком положении вся система образующихся отражающих прослоек ("листочеков") становится сдвинутой относительно поверхности ртути на такой отрезок, когда вообще цветные "глубинные" волны по отношению к "поверхностным" волнам" имеют другую фазу.

Интенсивность лучей, отражающихся от поверхности слоя, как указывает Винер, смотря по обстоятельствам может быть большой, лучей, отражающихся от всех прослоек ("листочеков") внутри слоя и, поэтому, ею нельзя пренебрегать. В данном случае действует состоящая из белого света "поверхностная волна", которая вследствие неизначительного расстояния поверхности слоя от системы прослоек ("листочеков") интерферирует с "глубинной волной", что приводит к сдвигу воспроизведенного цвета к красному. Это и является причиной того, почему цветные изображения, полученные по способу Липпмана, почти всегда кажутся с красноватым оттенком.

Для устранения действия "поверхностных волн" при рассматривании липпманских цветных изображений, Винер погрудает их в кювету, наполненную бензолом (см. ниже п. 12.) или наклеивает на желатиновый слой (канадским бальзамом) слегка клинообразную стеклянную пластинку. При таких условиях рассматривания изображения отраженной от поверхности слоя белый свет проходит отражается мимо глаз, а также ввиду большого расстояния уже не будет интерферировать с "глубинной волной".

Г.Леман (*Zeitschrift für Theorie und Praxis der Direkten Röntgenphotographie. 1906. S. 31*) для устранения указанного вредного влияния "поверхностных волн" при рассматривании цветных изображений рекомендует наклеивать (канадским бальзамом) на их поверхность очень тонкое матовое стекло с тонкой структурой.

К п.За. Важность проведения требуемой оптической сенсибилизации "беззернистых" эмульсий уже подчеркивалась выше. Если, например, эмульсию сенсибилизируют при неправильном увеличении содержания эритрозина в его смеси с цианином, то в получаемом изображении спектра света преобладает зеленый цвет.

Г.Леман (см. выше) основным считает не правильным условие сенсибилизации эмульсии, а правильный выбор светофильтров при

съемке. Он сенсибилизирует пластиинки так, чтобы приблизительно достичь их максимума сенсибилизации, и сочетает это с применением соответствующих светофильтров..

При употреблении фотопластинок, которые имеются в продаже, он применяет цианин-эритрозин-эскуллиновый фильтр, или в качестве заменителя цианина (который на свету быстро выцветает) менее чувствительный метилвизет . Подбор для данной сенсибилизированной эмульсии требуемых съемочных светофильтров Леман проводил путем опытных съемок многокрасочных объектов..

К п.п.3^в и 4. Необходимо иметь в виду, что : как за счет различной влажности, так и за счет сильного различия температуры, может происходить заметное изменение толщины желатинового слоя, которое приводит к искажению цвета получаемых изображений. Если, например, подышать на Липпманскую цветную фотографию спектра, то можно тотчас заметить, как красная область спектра увеличивается, при этом красный и следующие за ним цвета начинают перемещаться. Причиной этого поразительного явления является то обстоятельство, что во время дыхания желатиновый слой воспринимает влажность и разбухает. Вследствие этого расстояние между отдельными зеркально отражающими серебряными прослойками увеличивается, что и обуславливает соответствующее изменение цвета в сторону ^{бóльшой длины} красной части спектра.

Если влажность воздуха либо помещения, в котором хранятся фотопластинки и заряжаются в кассету, будет существенно различна от той, в котором они будут высушиваться после обработки, то так же может произойти сдвиг цветов. Это явление, например, при фотографировании цветных предметов, может быть очень заметным, при этом появляется совершенно неправильная передача цвета.

Влияние, которое вносит в готовое изображение спектра различная влажность желатинового слоя во время экспонирования (после его обработки, можно наглядно демонстрировать, если пластинку сенсибилизированную эозином перед экспозицией высушить при 100°C, затем вложить в кассету и прозиспонировать. Если теперь экспонированную пластинку после её обработки высушить на воздухе при обычной температуре, то при рассматривании получаемого изображения в нем все цвета кажутся сдвинутыми к концу спектра с меньшим преломлением.

При этом его ~~часть~~^{коэффициент} становится настолько расширенной, что производит впечатление, как будто применявшаяся эмульсия была сенсибилизирована цианином или хлорофилом, но не зозином.

На основании вышеизложенного фотопластинки следует хранить и заряжать кассеты в не слишком теплом сухом помещении. Вследствие герметичности кассет со ртутью в них едва ли может измениться влажность эмульсионного слоя. После обработки экспонированных фотопластинок их высушивать следует в таком же помещении, что и при зарядке кассет. Чтобы предохранить получаемые изображения с правильной передачей цвета от его последующего сдвига в связи с изменением влажности желатинового слоя, лучше всего наклеивать (канадским бальзамом) тонкие матированные покровные стекла, или еще лучше стеклянные клинья (см. выше), когда одновременно повышается бриллиантность и чистота цвета с устранением металлического блеска поверхности слоя.

К п. 3в. Следует подчеркнуть, что как недодержка, так и передержка при экспонировании пластинок приводят к плохому качеству получаемых цветных фотографий. В случае, например, сенсибилизации фотопластинок цианином, при фотографировании спектра с недодержкой получается слабое изображение в оранжевой части, но красный, желтый и зеленый цвета передаются ясно; далее спектр передается не ясно (синий и фиолетовые цвета), он становится "разорванным". При слишком большой передержке при съемке вокруг максимумов выступает образование ореолов и цвета теряют бриллиантность.

При правильной выдержке при съемке спектра всегда получаются чистые цвета, если соблюдаются, указанные выше правила фотографирования.

Влияние выдержки при фотографировании цветных изображений по интерференциальному способу Липпмана легко объясняется теорией стоячих волн. В случае недодержки в местах пучностей действие стоячих волн является недостаточным, чтобы получить достаточные осадки серебра при проявлении. При передержке же в местах пучностей образуется чрезмерно много серебра при проявлении и наступает ореолообразование, приводящее к практическому ~~просветлению~~ в местах узлов стоячих волн. Хорошее изображение образуется лишь при нормальной выдержке, при этом надо учитывать и неизменности, которые получаются при недостаточно равномерной сенсибилизации эмульсии по всему спектру.

Кроне (см. Кроне. Й. в. Г. - Зернотехническое дело. Спектральный метод. Конгр., 1993, с. 226) — искажение цвета на своих фотографиях спектра света при передержке во время съемки объясняет наличием названного им явления "выцветания", обуславливаемого соляризацией проявляемого изображения. Последнее для разной области спектра (в связи с их разной степенью сенсибилизации) является различным и приводит к разным результатам.

К п. 3г. Для получения хороших результатов большое значение имеет соблюдение правильных условий проявления экспонированных фотопластинок. Как и Люмьер, я применял пирогалловый аммиачный проявитель (см. выше). При проявлении в этом проявителе получаемые результаты существенно зависят от концентрации в нем аммиака. Если в нем содержится слишком много аммиака, то даже при правильной дозировке других его составных частей, проявляемое изображение покрывается металлической вуалью. Эта вуаль может достигать значительной величины, в связи с чем не может быть удалена при фиксировании в растворе цианистого калия. В таких фотографиях после сушки наблюдаются особые искаженные цвета, обуславливаемые металлическим налетом на поверхности слоя, приводящим к образованию нормального поверхностного изображения.

Аналогичные поверхностные изображения возникают, когда полученные недодержанные изображения подвергают последующему усилению. В этом случае получается поверхностное изображение со своеобразным сдвигом цвета и металлическим блеском.

Согласно исследованию Лемана (частное сообщение) цветные фотографии спектра, проявленные при слишком большом содержании аммиака в проявителе, можно существенно улучшить путем их обработки персульфатным ослабителем Люмьера (100 мл. двухпроцентного персульфата аммония с добавлением 10 капель серной кислоты). После такой обработки получают очень "чистые" прослойки ("листочки") Ценкера, так как происходящее ослабление изображения захватывает только прослойки, находящиеся вблизи поверхности слоя, которые были слишком толстыми. Для устранения серой вуали, которая может действовать как помеха в местах минимальной интенсивности стоячих волн, по Леману следует употреблять фармеровский ослабитель. Последний можно применять и для исправления передержанных снимков. При употреблении фотопластинок годичной давности иногда нельзя избежать процесса ослабления.

К п.6. На основании исследований О. Винера (см. выше) следует, что передаваемый в изображении инфракрасный цвет представляет собой лишь кажущийся цвет, вызванный сопутствующим действием "поверхностных волн", существенно изменяющих основной цвет, при этом крайний красный становится синеватым. Цвета ультрафиолетовой области спектра в изображении также не обусловлены ультрафиолетовыми лучами. Данные цвета появляются в результате отражения ультрафиолетовых лучей, фиолетовых и синих лучей поверхностью верхних прослоек ("листочек") Ценкера, так как отраженный ими свет не вполне гомогенный. Кроме этого, некоторые лучи проходят через слой и отражаются от задней стороны соприкасающейся с ним поверхности стеклянной пластинки, вследствие чего розоватый цвет вызывает образование синего и фиолетового цвета. Это явление не наблюдается, если заднюю сторону стеклянной пластины окрасить лаком. Особенно ясно оно обнаруживается на снимке со стеклянной призмой (Г. Леман).

Если рассматривать липпманские фотографии спектра на просвет, то в некоторых случаях в них можно увидеть подобие дополнительных цветов. На фотографиях спектров, полученных на бромосеребряных желатиновых фотопластиниках, в отраженном свете имеется превосходная передача всех цветов, в то же время на просвет в интервале от красного до пурпурно-синего я мог констатировать только один оранжевый цвет с некоторыми нюансами при коротких или продолжительных выдержках во время фотографирования.

Г. Леман (*Beiträge zur Theorie und Praxis der photographischen Farbenfototechnik*, 1906, S. 15.) это объясняет тем, что проплавленный серебряный осадок обладает сильным поглощением в коротковолновой (синей) области спектра и поэтому обладает собственным цветом. Глаз не может воспринять незначительные нюансы в насыщенных цветах. Противоположные данные получаются при проведении испытаний с помощью спектроскопа содержание, которые показывают, что свет прошедший через фотографию спектра является дополнительным к отраженному от нее свету.

10. Некоторые средства для исправления и изменения цвета получаемых изображений.

В отношении некоторых средств для исправления и изменения цвета получаемых изображений Леман

указывает следующее..

При слишком сильной недодержке при фотографировании цвета получаются очень слабо, при слишком же сильной передержке с применением корректирующего светофильтра они получаются бледными. Без применения этого светофильтра при наличии передержки при съемке цвета вообще не получаются (вследствие действия ультрафиолетовых лучей). Но и при нормальных экспозициях с этим же светофильтром при съемке получаемые цвета могут быть сдвинутыми (в большей или меньшей мере), что однако, может происходить в редких случаях.

Недостатки в воспроизведении цвета могут происходить и за счет качества ртути, что уже отмечалось выше. В этом случае получаемое ненормальное поверхностное отражение с помощью бензольной кюветы Винера или стеклянного клина может быть устранено не полностью. Данный недостаток легко распознается по наличию бледного и матового цвета изображения (меры предотвращения см. выше).

Другими причинами в получаемых недостатках в изображении может быть то, что влажность светочувствительного слоя и ртути при экспонировании были существенно другими, чем при сухие обработанных фотопластинок. Однако, это может случаться редко. Неизменные изменения температуры и влажности во время съемки и обработки фотопластинок, как это бывает обычно, не имеют большого значения,

Если влажность эмульсионного слоя при фотографировании была слишком велика, то после сушки обработанной фотопластинки выступает сдвиг в сторону синих лучей спектра. Для устранения этого недостатка можно слегка подшать или охладить пластинку перед рассматриванием её в винеровской бензольной кювете. Если синий цвет кажется слишком красным, то для устранения этого следует слой несколько подогреть перед наклеиванием стеклянного клина.

Таким же образом поступают с изготовленными обычным способом со снимками, предназначенными для рассматривания в катоптрическом просмотровом приборе (см. ниже рис. 25)

Слишком красные изображения могут быть показанными в прозрачных цветах за счет увеличения угла отражения при их рассматривании в проекционном аппарате.

Если имеет место небольшое смешение цветов в изображении, то его можно исправить при рассматривании или проекции в кювете соответствующим изменением коэффициента преломления жидкости, заполни-

щей кювету. Для большего выявления красного цвета применяют эфир или абсолютный спирт. Если надо больше выявить синий цвет, то кювету наполняют сероуглеродом или, во избежание его острого запаха, по предложению Е.Кёнига - α -хлорнафталином. Смешиванием бензола с одним из этих двух веществ в разных соотношениях можно получить все возможные эффекты. При применении этого способа очень интересно наблюдать как может изменяться тот рассматриваемый ландшафт, например, от "теплого"(красноватого) до "холодноватого" (синеватого).

II. Опыты по получению цветных фотографий по Липпманскому способу с бессеребряными фотоматериалами.

24 октября 1892г. Липпман доложил в Парижской академии наук о полученных им цветных изображениях на бессеребряных фотоматериалах. Для этого в качестве светочувствительного слоя он использовал смесь альбумина и желатины с бихроматом калия, которой покрывал стеклянные пластинки. Такие пластиинки экспонировались аналогичным способом, как и при употреблении бромосеребряных альбуминовых пластинок (в кассете со ртутью). Если положить экспонированную пластинку в воду, то на ней можно наблюдать образование цветного изображения, которое одновременно фиксируется. После высыхания изображение — исчезает, но при увлажнении оно снова появляется.

При действии света на яичный белок или желатину, пропитанные бихроматом калия, образуется нерастворимое соединение белка и желатины с окисью хрома. При этом при обработке в воде не подвергнутая действию света, часть полученных соединений вымывается из слоя. При сенсибилизации бихроматом калия яичного белка политый с ним слой предварительно надо скоагулировать раствором супеси, с тем, что бы при промывке водой он смог вымываться.

Полученные на указанных бессеребряных светочувствительных пластинах цветные изображения являются очень бриллиантными и их можно видеть во всех направлениях отраженного света. При этом на просвет очень хорошо различаются дополнительные цвета, что, как уже упомянулось, при употреблении бромосеребряных желатиновых фотопластинок часто не имеет места.

Теория получения цветных изображений в рассматриваемом процессе очень проста. По Липпману в светочувствительном слое яичного

белка с бихроматом при экспонировании образуются серии максимумов и минимумов действия стоячих волн. В местах действия максимумов стоячих волн (пучностях) слой становится нерастворимым. В этих местах после обработки водой получается пластинчатая структура слоя в виде "отпечатков", которые частично впитывают воду и разбухают, частично же остаются сухими и не разбухают. Коэффициент преломления образующихся таким образом пластинчатых прослоек, обработанных водой, изменяется периодически. То же самое относится и к отражающей способности получаемых пластинчатых прослоек. В связи с этим получаемые в слое интерференционные полосы становятся видимыми в виде снятых цветных изображений.

I2. Рассматривание и проекция липпманских цветных фотографий.

Цветные изображения, полученные по интерференциальному способу Липпмана, могут рассматриваться только после их высыхания и в отраженном свете. Однако при таком рассматривании цвета изображения представляются еще не совсем правильными, так как действие указанного выше поверхностного отражения становится заметно неприятным. Для устранения последнего могут применяться два способа.

Первый способ, предложенный О. Винером (см. выше), состоит в том, что полученную фотографию для рассматривания помещают наклонно в кювету, наполненную бензолом. На рис. 22 показан поперечный разрез через такую бензольную кювету (изготовленную фирмой Цейсс) с погруженной в нее пластинкой. Для того, чтобы пластинка в кювете стояла наклонно, дно кюветы имеет наклон. Данная кювета особенно подходит для предварительной оценки цветовоспроизведения в получаемых цветных фотографиях.

Подобный же эффект достигается при наклеивании клинообразной стеклянной пластиинки (см. выше) густым канадским бальзамом без нагревания (рис. 23). Канадский бальзам на слой следует наносить обильно во избежание образования на краях пластиинки пузырей. Бальзам, вытекающий за края пластиинки (вследствие давления) собирают шпателем, края чистят спиртом, после чего их оклеивают черной бумагой. Обратную сторону нужно еще окрасить матовым лаком (лучше черным цапоновым или матовым цеолитидиновым лаком). Этот лаковый слой защищается черной бумагой, которую приклеивают по краям.

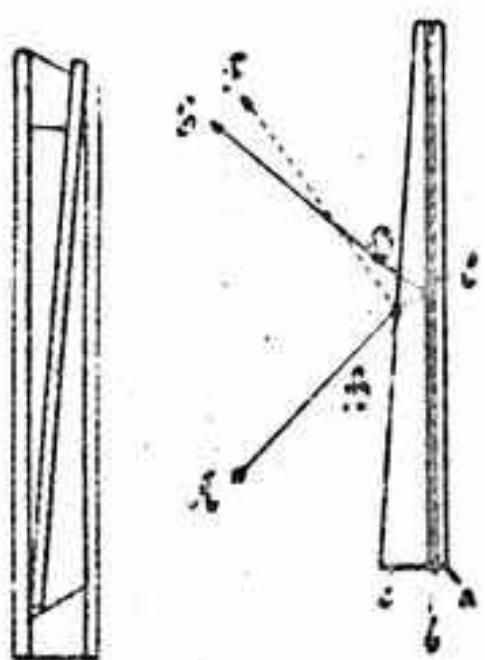


Рис. 22.

Рис. 23.

На рис.23 показан путь лучей при рассматривании цветных фотографий в такого рода устройстве : фотопластиинка **А** эмульсионным слоем **б** склеена с клином **с**. Небольшая часть бесцветных лучей, падающих в направлении **AB**, отражается в направлении **BF**, в то время как большая часть **—** преломляется в направлении **BC**. Эти лучи частично поглощаются, частично отражаются от лежащих внутри слоя цепкеровских прослоек ("листочек") за счет чего и можно видеть соответствующий цвет изображения в направлении **DE** к глазу наблюдателя.

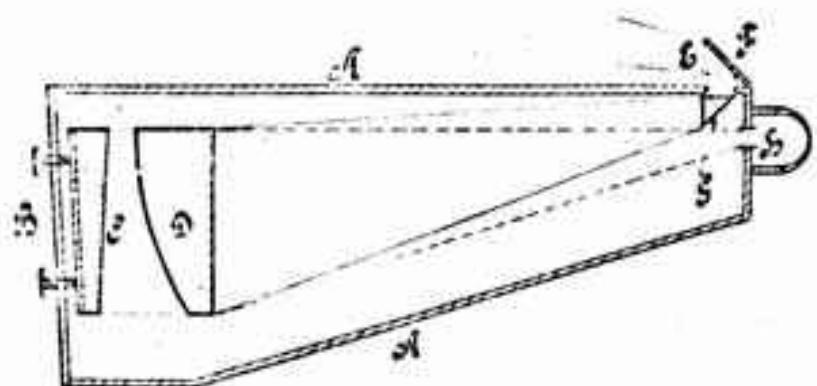
Если получаемые изображения должны рассматриваться без применения кюветы, то может быть рекомендовано приклеивание к эмульсионному слою стеклянного клина с возможно большим углом. Фирма Цейсс выпускает для этого стеклянные клинья размером 9х12см., с углом приблизительно 10° .

Фирма К. Цейсс в Иене выпускает в продажу два устройства для рассматривания липпманских цветных фотографий: диоптрический и катоптрический аппараты.

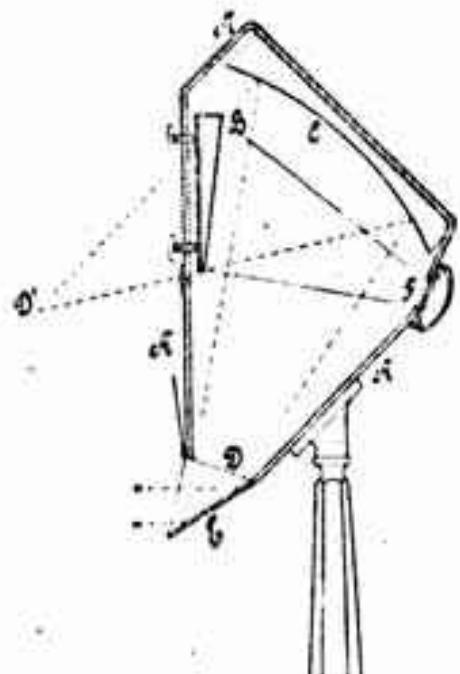
Первый схематически показан на рис.24. В корпусе **A** устройства помещается рассматриваемая фотография **C**, соприкасающаяся со стеклянной призмой, отстыкованной обычным способом тремя установочными винтами. Перед фотографией находится линза **D** (точнее часть центрированной линзы) для устранения мешающих рефлексов света. Почти в плоскости фокуса линзы находится входное отверстие **E** для света, который падает на фотографию. Отверстие **H** в глаз наблюдателя через зеркало **F** и призму полного внутреннего отражения **G**. Отверстие **H** для глаза находится внутри приспособления, защищающего от света.

Более простым конструктивно и для пользования является катоптрическое устройство для рассматривания цветных изображений завода Цейсс, схематически показанное на рис.25. В корпусе **A**, устройства, изготовленном в форме пирамиды, на раскрывающейся крышке крепится тремя винтами, фотография **B**, освещаемая внутри зеркалом **C**. Источником света служит входное отверстие **D**, снабженное матовым стеклом и освещенное от плоского зеркала **E**. При таких условиях освещения на интерференционную цветную фотографию падает световой конус, который затем от неё отражается в место **F** для рассматривания изображения (с помощью линзы) глазом наблюдателя. Имеющаяся раковина защищает глаза от побочного света.

Описанное устройство применимо для рассматривания цветных



Pnc. 24.



Pnc. 25.

фотографий разм. 9x12см., снятых ландшафтным объективом с коротким фокусным расстоянием (15 см.) Путь лучей при рассматривании изображения в устройстве соответствует применяемым условиям при съемке. Это необходимо для воспроизведения необходимой перспективы и, одновременно, снимаемого объекта с требуемой цветопередачей изображения при интерференционной фотографии. При этом принимается, что фотографирование происходит со сдвинутым вверх объективом так, что его оптическая ось попадает на пластинку возможно ближе к её верхнему краю.

Цветные фотографии, изготовленные по липпманскому способу, представляются весьма эффектными при их проектировании с помощью подходящего проекционного аппарата (с электрическим или солнечным освещением) на белый просвечивающий экран.

Луиз Люмьер в Международном обществе фотографии в Женеве 22 августа 1893г. демонстрировал на экране снятые им на бромосеребряных желатиновых фотопластинках цветные изображения, среди которых находились портреты и ландшафты. Снятые фотографии были очень малого формата и при их рассматривании с освещением от лампы нельзя было оценить соответствие полученного цвета изображения цвету оригинала. Для демонстрации этих изображений широкой публике, Люмьер применил проекционный аппарат и проецировал их с увеличением на экран, размером 40x70см. При этом полученный эффект был поразительным, так как цвета на экране были воспроизведены бриллиантно.

Применявшийся Л.Люмьером проекционный аппарат схематически показан на рис.26. Он состоит из дуговой лампы А и конденсора С. Лучи от 15 амперной лампы — падают на изображение, установленное под определенным углом к оси конденсора, и отражаются от него. Отраженное цветное изображение увеличивается с помощью подходящего объектива и отбрасывается на экран обтянутый прозрачной бумагой.

Простое устройство для показа на экране Липпманских цветных фотографий производится фирмой Цейсс (см. Н.Сенкаки. *Die Praxis der Interferenzfarbenprojektion*). Это устройство может быть приставлено к обычному проекционному аппарату с необходимой резкостью проектировать цветные изображения на экран большого размера, что показа-

но на рис. 27. Свет от дуговой лампы из кратера A с помощью конденсатора B фокусируется в А. На этом пути в С находится рассматриваемая фотография (пластина), от которой падающие лучи отражаются и фокусируются в плоскости диафрагмы проекционного объектива D.

Оптическая ось FDN проекционного объектива при рассматривании липманских цветных фотографий находится перпендикулярно к плоскости фотографии CF и плоскости экрана AE (точнее его продолжению), в то время как при обычной проекции оптическая ось объектива совпадает с линией, соединяющей DE с серединой проецируемого изображения и серединой экрана.

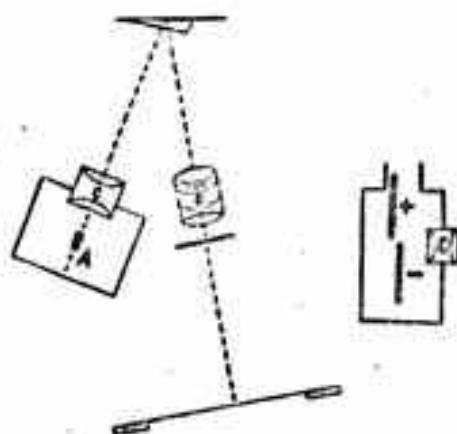


Рис. 26.

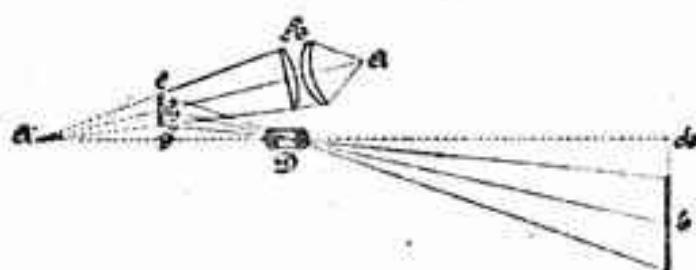


Рис. 27.