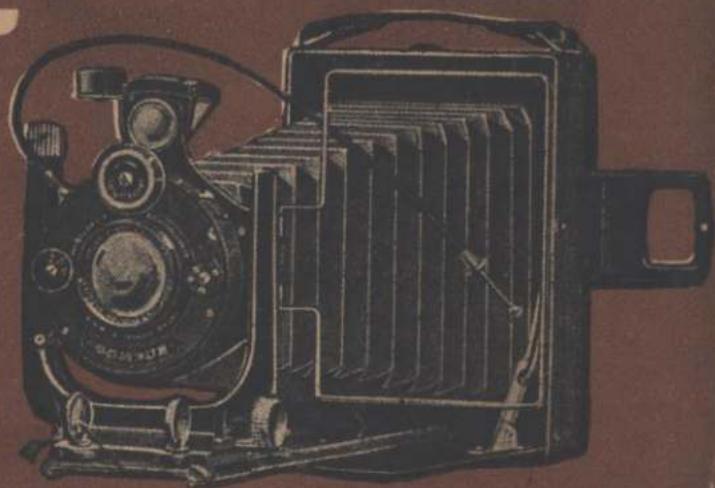


В. ЯШТОЛД-ГОВОРНО
Н. ЖАРХИЛЕВИЧ

КУРС



**ФОТО
ГРАФФИ**

ТОМ 1

ГИЗЛЕГПРОМ
МОСКВА © 1932

Цена 5 р. 75 к.
переплет 1 р.



В. ЯШТОЛД-ГОВОРКО
К. МАРХИЛЕВИЧ

КУРС ФОТОГРАФИИ

ТОМ
I



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

МОСКВА
1933

1-5.000 экземпляров

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий „Курс фотографии“ предназначен в качестве руководства для студентов вузов, а также для самостоятельного изучения фотографии.

В основу построения курса фотографии положен метод двух концентров. Такого рода построение вызвано тем, что невозможно изучить все стадии фотографического процесса последовательно, таким образом, чтобы сначала подробно изучить процесс съемки, затем негативный процесс и наконец—позитивный. Все стадии процесса должны быть, в силу их тесной взаимной связи, охвачены изучающим возможно более быстро, а затем должно следовать более глубокое их изучение.

Авторы старались возможно лучше увязать теоретическую и практическую сторону излагаемых вопросов, считая, что курс фотографии должен помочь не только полностью овладеть практикой, но и усвоить теорию в таком объеме, который обеспечил бы возможность самостоятельного чтения специальной литературы по фотографии.

В учебниках фотографии, вышедших в свет, у нас до сих пор сенситометрии почти не отводилось места. Авторы сочли необходимым ввести самостоятельный отдел, посвященный основам сенситометрии и при изложении съемки, негативного и позитивного процессов также использовать метод сенситометрии. Вместе с тем, предполагая, что студент вуза проходит специальный курс сенситометрии с соответствующими практическими работами, авторы ограничились в отношении сенситометрии сравнительно краткими сведениями.

К числу особенностей данного курса относится подробная разработка хода практической работы по каждому отделу курса. Важность этого обстоятельства с точки зрения экономии времени и материалов вполне очевидна. Практические работы, которые ставятся в курсе, построены таким образом, что последовательно, систематически выясняется влияние различных факторов того или иного процесса на его результаты. Помимо практических работ в курсе даются по отдельным вопросам упражнения и в конце каждой части—контрольные вопросы.

При описании аппаратуры рассматриваются только типы аппаратов, — без деталей конструкций аппаратов различных систем.

Изучение данного курса фотографии предполагает знание химии, что же касается оптики, то основы ее, необходимые для понимания вопросов фотографической оптики,—излагаются кратко в данном курсе.

Вполне понятно, что оценка курса фотографии со стороны преподавателей и со стороны изучающих фотографию является для авторов очень важной.

Все замечания авторы просят направлять по адресу: Москва, Научно-исследовательский кино-фотоинститут, Житная, 29.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ФОТОГРАФИЧЕСКИЙ АППАРАТ

ГЛАВА I

ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ КАМЕРА

§ 1. ВВЕДЕНИЕ

Цель введения—дать общее представление о фотографическом процессе. Желательно, чтобы читатель, приступая к дальнейшему изучению различных частей этого процесса, имел уже представление о целом.

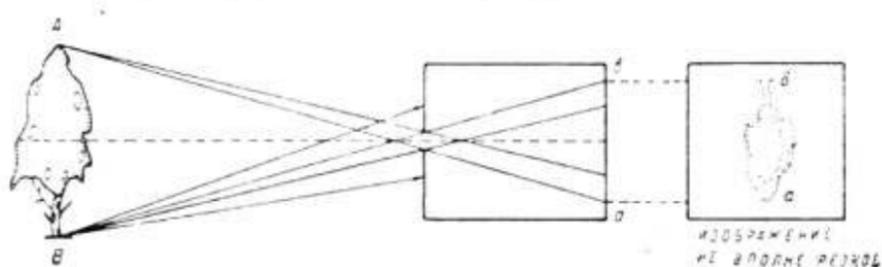
Фотография—наука, изучающая способы получения изображений различных предметов посредством действия исходящего от них света на то или иное светочувствительное вещество, т. е. такое вещество, которое под действием света способно изменяться. Тонкий слой светочувствительного вещества наносится на ту или иную основу (подложку), например на стекло или бумагу; в результате изменений, произведенных светом в слое светочувствительного вещества и получается изображение—фотографический снимок. Само слово «фотография» в переводе с греческого языка значит—светопись.

Если взять камеру (коробку) с небольшим отверстием в передней стенке, то на противоположной стенке получается изображение тех предметов, которые расположены перед камерой (рис. 1). Полученное изображение является обратным, т. е. вершина всякого предмета будет на изображении обращена вниз, а основание—вверх. Указанное явление можно также наблюдать, когда свет проходит через маленькое отверстие в темную комнату, сарай или другое какое-либо закрытое помещение, на стене которого, противоположной отверстию, и получается обратное изображение предметов, доступное зрению наблюдателя, находящегося в помещении. Объясняется это следующим образом.

От каждой точки предмета, например на нашем рисунке от верхней точки *A* дерева *AB*, исходят во все стороны световые лучи, показанные стрелками. Часть этих лучей, имеющая вид конуса, попадает через отверстие в камеру и освещает заднюю стенку ее. Здесь получится светлый кружок *a*—изображение точки *A* дерева. Совершенно так же получается изображение вершины дерева *B* в виде кружка *b*, и вообще всякая точка предмета даст изображение в виде кружка. Точки предмета, расположенные ниже отверстия камеры, дают изображения, расположенные выше этого отверстия, и наоборот. Следовательно изображение предмета должно быть обратным, что и подтверждается опытом.

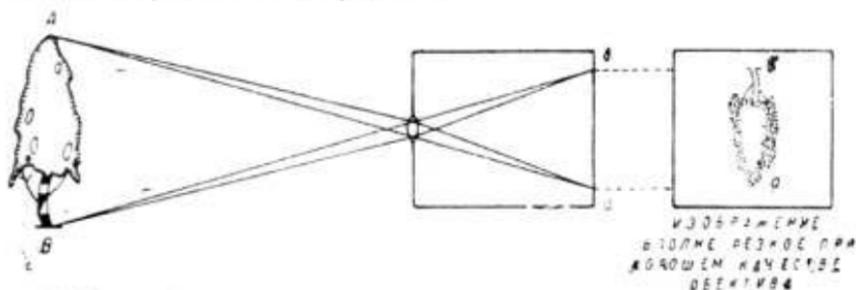
Получаемое изображение будет не только слабым по своей яркости, но и не вполне ясным или, как говорят, расплывчатым, нерезким, потому что всякая точка предмета изображается не точкою, а кружком. Кружки, изображающие соседние точки предмета, взаимно налегают друг на друга, что и вызывает нерезкость изображения.

Описанный прибор, называемый стеноп-камерой иногда применяется в фотографии и в настоящее время.



1. Схема образования изображения в стеноп-камере.

Но более распространен другой способ получения изображения. В переднее отверстие камеры, которое делается более или менее значительных размеров, помещается объектив, сделанный из бесцветного стекла, заключенного в оправу. Он пропускает в камеру большее количество света (чем отверстие в стеноп-камере), и потому изображение получается более ярким, что очень важно, так как в этом случае свет быстрее подействует на светочувствительное вещество, когда будет производиться фотографическая съемка. В простейшем случае объектив представляет собой один кусок стекла, например двояковыпуклое стекло, как это показано на рис. 2. Однако чаще употребляются более сложные объективы, состоящие из нескольких стекол, заключенных в общую оправу, дающие более резкие и вообще более совершенные изображения.



2. Схема образования изображения в фотографическом аппарате.

Основное свойство объектива заключается в том, что все лучи, исходящие из одной какой-либо точки предмета, после прохождения через объектив собираются в одной точке. В этой точке и получается изображение точки предмета. Таким образом любая точка предмета изобразится не кружком, а точкой.

Изображение, даваемое объективом, получается резким и кроме того достаточно ярким.

Дальнейшее усложнение в устройстве фотографического аппарата заключается в том, что задняя стенка, на которой получается изображение, может передвигаться по отношению к передней. Это необходимо, потому что изображение предметов, более удаленных от объектива, получается ближе к объективу, чем изображение предметов, более близко расположенных к объективу; желая получить изображение отдаленных предметов, мы должны заднюю стенку приблизить к объективу, в противном же случае—отодвинуть ее дальше.

Чтобы иметь возможность наблюдать изображение, получающееся на задней стенке камеры, последняя делается в виде рамки со вставленным в нее матовым стеклом, на котором и получается изображение, легко видимое глазом.

Для того чтобы регулировать время освещения, объектив снабжается крышкой, посредством которой его можно закрывать или открывать, или же затвором, открывающим объектив на определенное время.

Недостаточно получить изображение, надо еще сохранить его, получить то, что называется фотографическим снимком. Для этого используются фотографические пластинки. Фотографическая пластинка представляет собой пластинку, сделанную из стекла; одна сторона ее покрыта так называемым эмульсионным слоем—тонким слоем желатины, содержащей светочувствительное вещество. Пластинки изготавливаются и хранятся в темноте, чтобы свет не действовал на них. Перед съемкой пластинка помещается в темной комнате в особый плоский ящик—кассету. Одна из стенок кассеты делается выдвижной, и таким образом, вложив пластинку в кассету, можно закрыть ее. После этого задняя стенка камеры (с матовым стеклом) вынимается, и на ее место вставляется кассета с заключенной в ней пластинкой. Объектив закрывается. Теперь подвижная стенка кассеты выдвигается, и между объективом и пластинкой, обращенной к нему своим эмульсионным слоем, нет никакого препятствия. Объектив открывается на определенное время, в течение которого свет будет действовать на эмульсионный слой; в течение этого времени на поверхности эмульсионного слоя будет отбрасываться изображение предметов, находящихся перед объективом.

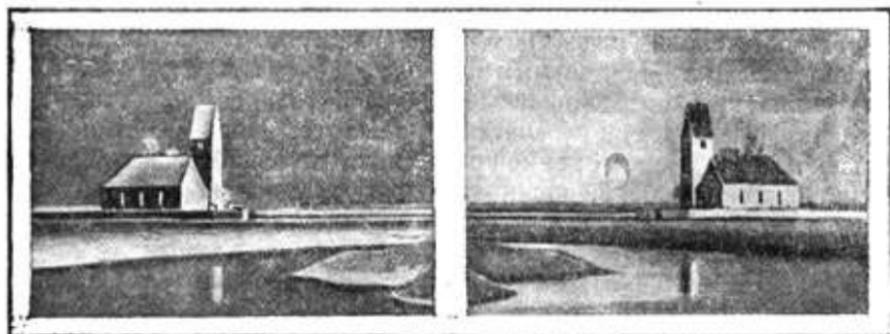
Это действие, начиная с момента открывания объектива и кончая моментом, когда он снова закрыт, называется экспонированием.

По окончании экспонирования кассета закрывается. Мы получили заснятую, или экспонированную пластинку. Этим заканчивается первая стадия фотографического процесса—фотографическая съемка.

Следующая стадия—негативный процесс. Экспонированная пластинка имеет тот же вид, что и пластинка, не подвергавшаяся действию света. Тем не менее оказывается, что в светочувствительном слое произошли изменения. Действительно, если погрузить экспонированную пластинку в раствор некоторых веществ—такой раствор называется проявителем,—то на ней постепенно появится изображение. Этот процесс называется проявлением. По мере хода проявления изображение делается все более отчетливым, и в нем появляются все новые подробности. Когда изображение достигнет определенной силы и когда будут видны даже мелкие детали, проявление заканчивают. После этого пластинку погружают в фиксаж—

раствор определенных веществ, чтобы удалить ту часть светочувствительного вещества, которая осталась неизменной. Этот процесс называется фиксированием. По окончании фиксирования пластинку промывают и сушат. В результате получают так называемый негатив. Негатив представляет собой изображение сфотографированных предметов, замечательное тем, что светлые части предметов на нем получаются темными, а темные—светлыми (рис. 3, лев.). Это происходит потому, что светочувствительное вещество под действием света и последующего проявления темнеет, и это потемнение будет тем более сильным, чем сильнее подействовал в данном месте свет. Само собой понятно, что пользоваться негативным изображением неудобно.

Поэтому необходимо осуществить еще новую, третью стадию работы—позитивный процесс, получить позитив, т. е. то, что обычно мы и называем фотографическим снимком; на нем светлые части снятых предметов выходят светлыми, а темные—темными, т. е. мы имеем изображение, подобное оригиналу.



3. Негативное (слева) и позитивное (справа) изображения.

Сущность позитивного процесса заключается в следующем. Негатив помещается эмульсионной стороной на лист фотографической бумаги, т. е. бумаги, покрытой светочувствительным слоем. Этот слой соприкасается с эмульсионным слоем негатива, и так как последний более или менее прозрачен, то свет проходит через него и действует на светочувствительный слой бумаги. Но свет пройдет через различные части негатива в различной степени. Через темные места негатива света пройдет сравнительно мало, и потому эти части после проявления позитива выйдут светлыми, т. е. такими, какими они являются в действительности. Наоборот, через светлые (прозрачные) части негатива света пройдет много. Эти части на позитиве выйдут темными (рис. 3, прав.). Экспонированная фотографическая бумага подвергается проявлению, фиксированию, промывке и сушке,—совершенно подобно тому, как это делается при негативном процессе.

Получается конечный результат фотографирования—фотографический отпечаток, или позитив.

Мы схематически описали все стадии фотографического процесса. В таком сжатом изложении он может показаться довольно простым, но не так обстоит дело в действительности. Качество позитива—конечного результата фотографического процесса—зависит от мно-

жества условий. Свойства объектива, которые могут быть весьма различны у разных объективов, свойства фотографируемого сюжета, условия освещения, качество фотопластинок, свойства проявителей, условия проявления и десятки других обстоятельств влияют на качество фотографического снимка.

Поэтому понятно, что изучение фотографии требует большого количества времени. Весьма важно организовать практические работы по фотографии таким образом, чтобы постепенно и планомерно выяснить на опыте значение различных условий съемки, проявления и других стадий фотографического процесса. Только таким путем можно действительно овладеть практической стороной фотографии.

§ 2. ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ КАМЕРА

Существенную часть фотографического аппарата составляет собственно камера, представляющая, как мы уже знаем, закрытую со всех сторон коробку, совершенно не проницаемую для света. Фотографические камеры делятся на следующие основные группы:

1. Камеры с раздвижным мехом:

а) камеры штативные;

б) камеры ручные, которые подразделяются в свою очередь на камеры с откидной основной доской и камеры на распорках (клапп-камеры).

II. Камеры нераздвигающиеся:

а) камеры нескладывающиеся—так называемые ящичные;

б) зеркальные камеры (некоторые зеркальные камеры имеют раздвижной мех, тогда они относятся к I группе).

III. Специальные камеры.

Кроме того камеры, в зависимости от вида негативного материала, на котором они работают, делятся на пленочные и пластиночные.

Пленочные камеры работают на длинных целлулоидных лентах, покрытых светочувствительным слоем. Они обычно не имеют матового стекла.

Пластиночные камеры работают на пластинках. Но большинство их может работать и на пленках, для чего пластиночные кассеты заменяются пленочными кассетами.

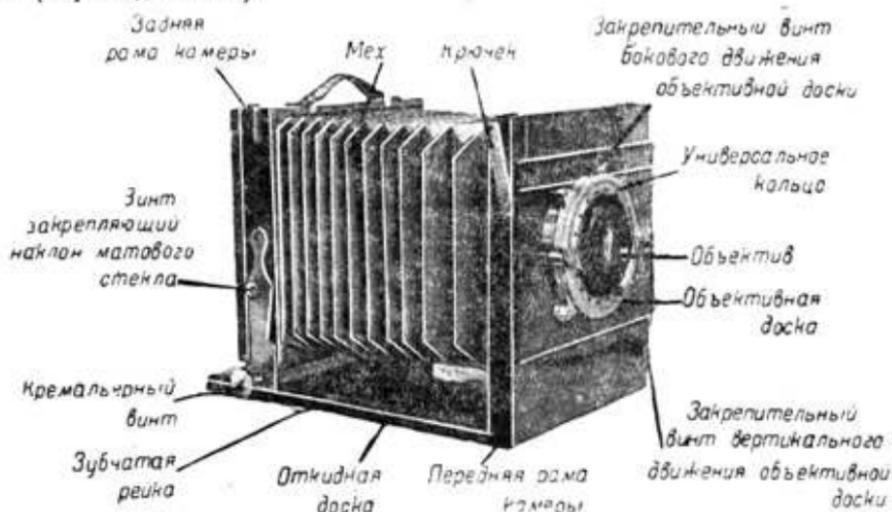
Фотографическую камеру легко привести в неисправное состояние, что немедленно повлечет за собой много неудач. Одним из главных условий уберечь фотоаппарат от неисправности является правильное хранение его. Никогда нельзя оставлять аппарат вне футляра: он всегда должен находиться в непроницаемом для воды футляре из кожи или парусины. Запомните, что пыль и сырость являются главными врагами аппарата. Хранение аппарата в очень сухом месте также не рекомендуется, так как от слишком сухого воздуха коробятся деревянные части аппарата, а в особенности кассеты. От продолжительного воздействия солнечных лучей ссыхается мех. Если аппарат попадает под дождь, то после работы необходимо его тщательно оттереть досуха чистой тряпочкой (за исключением объектива; как обращаться с объективом,—будет указано ниже). То же относится и к съемкам зимою: аппарат, внесенный в теплое помещение, немедленно покрывается мельчайшими капельками влаги, осевшей из окружающего воздуха. Вытирать его немед-

ленно не имеет смысла, так как, пока аппарат не согреется, влага будет все время осажаться вновь. Лучше всего в этом случае подождать минут 30—40, а затем приступить к чистке аппарата.

Зимой, особенно в сильный мороз, не рекомендуется долго держать аппарат на воздухе, так как сильное охлаждение его может повлиять на работу затвора, диафрагмы и кассет.

А. Камера штативная

Камера штативная, или так называемая дорожная, представлена на рис. 4. Дорожные камеры чаще всего строятся большого размера (от 13×18 см). Дорожные камеры делаются в большинстве случаев из дорогих сортов дерева, пропитанного противосырьостным составом. Обычно наружные части камеры полируются, реже обтягиваются кожей или ее имитацией. Эти камеры снабжаются растягивающимся, как у гармонии, мехом, который бывает квадратным или же коническим (пирамидальным).



4. Штативная камера.

У дорожных камер мех обычно имеет длинное растяжение, так называемое двойное растяжение; некоторые типы камер имеют даже тройное растяжение. Как читатель увидит из описания работ по съемкам, камера с большим растяжением меха имеет много преимуществ.

Мех камеры делается кожаный или из имитации кожи с бумажной проклейкой; последняя необходима для того, чтобы складки гармонии были прямее, а несгибающиеся части ее жестче. У больших камер мех делается из молескина (плотная материя), наклеенного на тонкий картон. Для прочности углы в таком мехе оклеиваются кожей.

Дорожные камеры имеют две рамки: переднюю и заднюю (рис. 4). В первой помещается объективная доска с объективом, могущая передвигаться вверх, вниз и в стороны; во второй — матовое стекло, которое при съемке заменяется кассетой.

¹ Размер камеры определяется размером экспонируемой в ней пластинки.

К дорожной камере часто придается несколько объективных досок; этом случае можно попеременно пользоваться различными объективами, что представляет большое удобство.

Рамка для матового стекла делается квадратной или прямоугольной. Квадратная рамка позволяет, не переставляя камеры, делать съемку как вертикально или же горизонтально поставленную пластинку. При прямоугольной рамке необходимо для перехода из одного положения пластинки в другое сначала переставить аппарат на штативе. Отсюда преимущества квадратной рамки.

В некоторых камерах делается подвижной задняя рамка, в других — средняя. Имеются аппараты, у которых подвижны обе рамки. Кроме того рамки часто имеют приспособление, с помощью которого могут наклоняться по отношению друг к другу.

Дорожной камерой можно производить съемки видов (пейзажей), архитектурные съемки, съемки портретов, репродукции рисунков, планов, картин и т. д. Особенно они пригодны для различных научных съемок, обычно требующих большой точности. Для съемок спортивных и фоторепортажных они неприменимы.

Дорожные камеры вырабатываются у нас мастерской Ленинградского инотехникума. Они имеют квадратный мех, двойное растяжение. Оптикой эти камеры не снабжаются, и приобретать объектив к ним приходится дополнительно. Размер камер 13×18 см.

Работа 1. Ознакомление с устройством штативной камеры

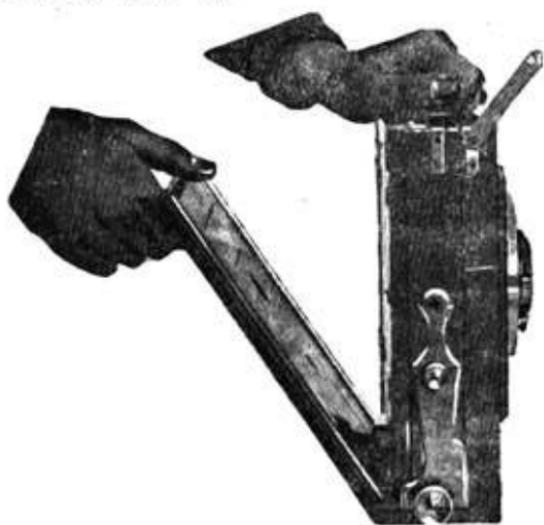
Приготовьте: фотоаппарат и штатив, вынув их из футляра. Выполнение работы.

Открывание камеры. 1. Возьмите камеру за ремешок в левую руку, отстегните металлическую застежку, в виде крючка, и плавно спустите доотказа откидную доску (рис. 5).

2. Затем поверните камеру на бок и правую рукой осторожно влево доотказа передвиньте дощечку, имеющуюся в наружной части откидной доски. Этим вы неподвижно закрепите откидную доску (рис. 6).

3. Когда откидная доска акреплена, поставьте аппарат вертикально при помощи правого винта головки кремальеры¹ и сдвиньте мех.

Для этой цели на откидной доске имеются две зубчатые рейки, по которым движутся зубчатые



5. Раскрывание штативной камеры.

¹ Кремальера представляет собой зубчатое колесико, ходящее по зубчатой рейке.

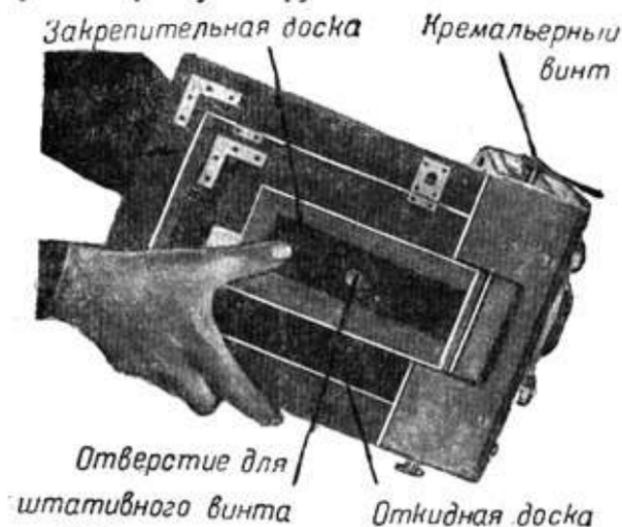
колеса, связанные с задней рамкой аппарата. Левый винт служит для закрепления неподвижно задней рамки в требуемом положении (рис. 5).

4. После того как мех будет кремальерою раздвинут доотказа, раздвиньте его еще на вдвое большую величину (в некоторых аппаратах — втрое). Это достигается вращением винта с червячным ходом, расположенного в центре откидной доски. Некоторые аппараты имеют для этой цели добавочные кремальеры.

5. Отпустите винт, закрепляющий наклон матового стекла, и изучите механизм наклона матового стекла. Когда это будет вами достаточно усвоено, поставьте снова матовое стекло вертикально по имеющемуся на задней рамке отвесу.

6. Отпустите закрепительный винт объективной дощечки и научитесь передвигать по желанию объектив — вверх, вниз и в стороны. Прделав указанное, вы откроете аппарат.

Закрывание камеры. 1. Если у вас откидная доска удлинена, то предварительно центральным червячным винтом совместите внутреннюю рамку с наружной.



2. При помощи кремальеры доотказа продвиньте заднюю рамку камеры к объективной части.

3. Выдвиньте закрепляющую дощечку в откидной доске вправо доотказа.

4. Только тогда плавно поднимайте откидную доску.

5. Подняв откидную доску, защелкните крючок.

Прделав указанное, вы закроете аппарат.

Установка аппаратов на штативе.

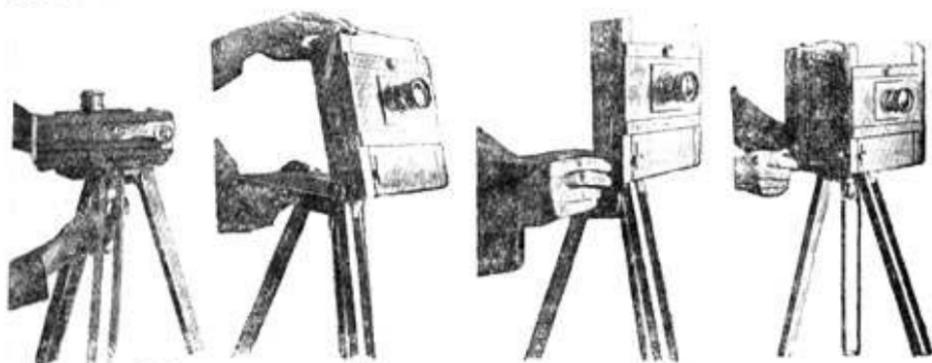
1. Отпустите винты у ножек штатива (о штативе см. на стр. 48). Выдвиньте ножки на желаемую высоту и закрепите винты. Затем слегка отпустите винты около головки штатива и раздвиньте ножки так, чтобы штатив принял устойчивое положение; закрепите прочно винты у головки.

2. Возьмите раскрытый аппарат и положите его на головку штатива так, чтобы отверстие в передней откидной доске пришлось над станковым винтом. Осторожно вверните его доотказа — этим вы закрепите фотоаппарат на штативе.

3. Пользуясь уровнем (об уровнях см. стр. 47), имеющимся на аппарате, или отвесом, прикрепленным к одной из стенок задней рамки, установите аппарат горизонтально. При горизонтальном положении пузырек у уровня должен находиться в центре окружности уровня, а отвес — висеть параллельно краю рамки.

4. Чтобы снять аппарат со штатива, необходимо все зложенное проделать в обратном порядке.

На рис. 7 показан последовательный ход установки аппарата на штативе.



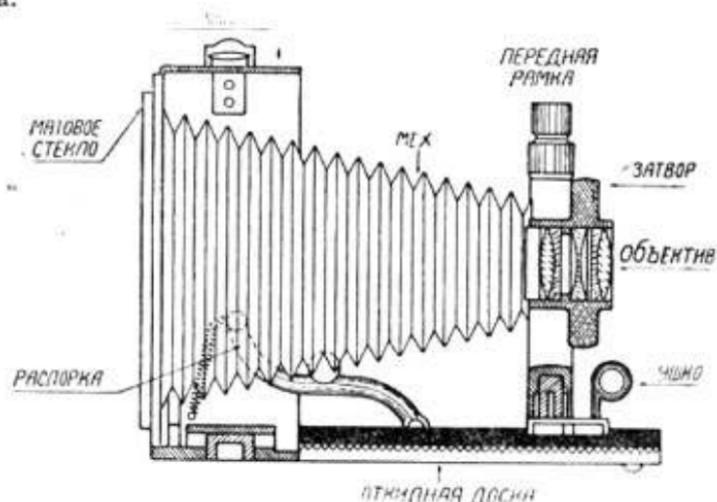
7. Последовательный ход установки камеры на штативе.

Б. Камеры ручные с основной откидной доской

Камеры ручные с основной откидной доской в общем имеют форму плоского ящика с откидывающейся передней доской. Они имеют небольшой вес, легко открываются и закрываются и ими можно снимать с рук без штатива. Этот тип камер является самым распространенным среди фотолюбителей.

Разнообразие ручных камер очень велико. Размеры эти камеры имеют от 6×9 до 13×18 см.

Разрез ручной камеры с откидной основной доской представлен на рис. 8. В надписях на чертеже перечислены все главнейшие детали аппарата.



8. Схема универсальной камеры

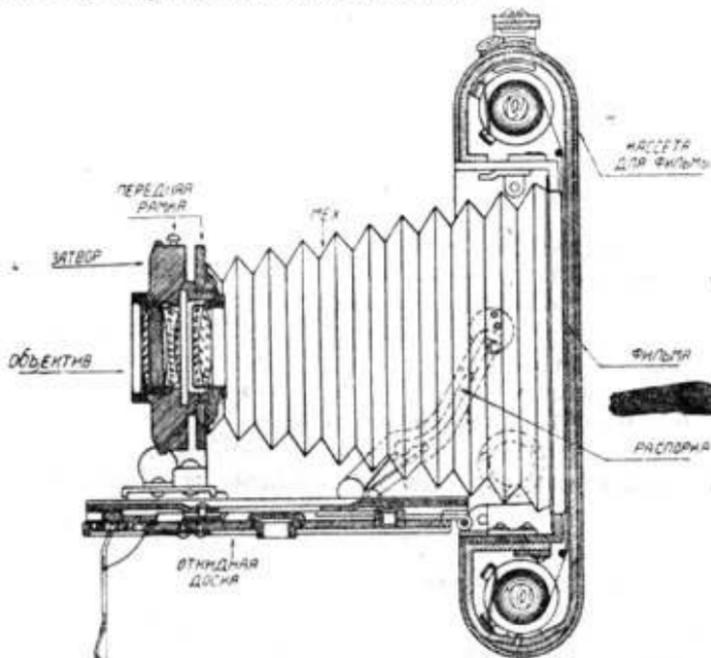
Аппараты этого типа бывают деревянные и металлические. В последнее время преимущественно изготавливаются металлические аппараты. Они обтягиваются кожей или ее имитацией.

Для раздвижения меха имеется кремальера; она состоит из одинарной или двойной зубчатки и зубчатых полозьев, причем или полозья остаются неподвижными, а по ним передвигается зубчатка, прикрепленная к подвижной части камеры, или, наоборот, неподвижной остается зубчатка, вращающаяся только вокруг своей оси, а передвигаются полозья, неся на себе подвижную часть камеры.

Меха по своей величине бывают одинарные, полуторные, двойные и тройные. При двойном и тройном растяжении меха в откидной доске имеется вторая рамка, которая добавочной кремальерой выдвигается наружу, неся на себе мех.

По внешнему виду камеры бывают квадратными и прямоугольными.

У квадратных камер задняя рамка устроена вращающейся. Мех у них бывает преимущественно конический.



9. Схема пленочной камеры.

Имеются камеры и не квадратные, не требующие снимания со штатива для перемены положения пластинки: у них перевортывается задняя рамка (из вертикального положения в горизонтальное) вместе с мехом. Осью вращения меха является объектив.

Квадратные камеры тяжелы и громоздки, а потому любительские камеры обычно строятся вертикальными или горизонтальными (в вертикальных камерах откидная доска прикрепляется к задней рамке своей узкой стороной, у горизонтальных — длинной). Строятся чаще вертикальные камеры, так как в этом случае откидная доска длиннее и позволяет применять более длинно-фокусные объективы. У горизонтальных камер вследствие их большей устойчивости часто имеется тройное растяжение меха. Если камера вертикальная, то для снимания в горизонтальном положении привертывают камеру к штативу

боком; так же поступают с камерой горизонтальной, когда хотят сделать вертикальный снимок.

Объектив обычно может передвигаться вертикально и горизонтально. У хороших камер эти передвижения производятся кремальерами. Матовое стекло имеет уклон по горизонтальной оси, а у некоторых систем и по вертикальной оси (у так называемых „стандартных“ камер матовое стекло уклонов не имеет). Кроме того у некоторых моделей имеет уклон и объектив.

Камеры с откидной основной доской часто делаются пленочными. В этом случае они имеют такое же строение, как и пластиночные камеры, за исключением задней рамки, в которой имеется приспособление для помещения катушки с пленкой. Матовое стекло у таких камер отсутствует, и наводка изображения производится с помощью метража и визера. Такая камера схематически изображена на рис. 9.

Камерами с откидной основной доской можно пользоваться для видовых съемок, портретных, архитектурных, с некоторыми затруднениями для спортивных и фоторепортажных съемок, почему они иногда называются „универсальными“.

В настоящее время имеется два типа советских универсальных фотоаппаратов: „Фотокор № 1“ ВООМП, размером 9×12 см, с анастигматом Ортагоз, со светосилою 1:4,5 и фокусным расстоянием в 135 мм. „Фотокор“ имеет двойное растяжение и по своим конструктивным особенностям почти не отличается от заграничных моделей. Объектив Ортагоз, вырабатываемый Государственным оптическим заводом в Ленинграде, по своим качествам также почти не уступает заграничным объективам. Аппарат снабжен затвором Компур.

Аппарат „Эфте“, выпускаемый артелью „Фототруд“ в Москве, имеет размер 9×12 см с одинарным растяжением меха. Он ранее снабжался объективом Кенгот—анастигмат со светосилою 1:6,3 в затворе „Варио“, который работает со скоростью до 1/100 сек. В настоящее время аппарат „Эфте“ снабжается перископом.

Работа 2. Ознакомление с устройством ручной камеры с основной откидной доской

Приготовьте: фотоаппарат и штатив, вынув их из футляров.

Выполнение работы.

Открывание камеры. 1. Возьмите аппарат в руки, как показано на рис. 10. Нажмите кнопку сверху камеры (она обычно бывает покрыта кожей, но заметна довольно хорошо). Передняя стенка камеры, если ее держать несколько наклоненной вперед, откроется сама.

2. Опустите переднюю стенку аппарата доотказа вниз, так, чтобы шпальки вошли в вырезы распорок. Тогда передняя стенка будет укреплена неподвижно.

3. Вытяните осторожно доотказа переднюю часть камеры за специально предназначенные для этой цели ушки. При вытягивании необходимо все время нажимать на ушки, внутрь.

4. Если камера имеет двойное растяжение, то кремальерою, предварительно отстегнув крючки, удерживающие мех, раздвиньте еще раз мех доотказа.

5. Вращением кремальеры В подымайте вверх объектив (рис. 11). Установите, как высоко он поднялся. Опустите его на прежнее место.

Вращением кремальеры *A* передвиньте сначала объектив вправо до отказа; затем влево. Прделав это, поставьте его на прежнее место.

6. На основной доске бывает прикреплена пластинка с нанесенными на ней делениями — это так называемая метровая шкала, пользование которой будет указано в работе „Получение изображения на матовом стекле“.



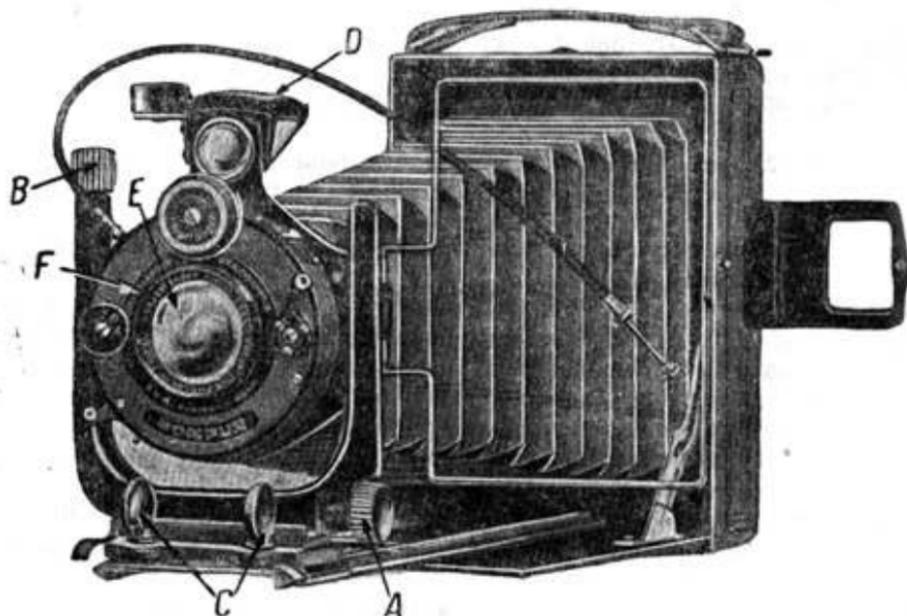
Прделав указанное, вы откроете аппарат.

Закрывание камеры. 1. Если камера была раздвинута на двойное растяжение, то сначала кремальерою вдвиньте доотказа внутреннюю рамку в откидной доске.

2. Возьмите в левую руку аппарат за заднюю рамку и наклоните его несколько вверх. Правую рукой, сжав ушки

10. Раскрывание универсальной камеры.

друг к другу; осторожно задвиньте передок камеры обратно доотказа.



11. Детали устройства объективной доски универсальной камеры: *A*—кремальера для горизонтального передвижения объектива; *B*—кремальера для вертикального передвижения объектива; *C*—ушки для выдвижения аппарата; *D*—видоискатель; *E*—объектив и *F*—центральный затвор.

3. Нажмите внутрь, на уровне объектива, одновременно на обе распорки, поддерживающие откидную доску камеры. Тогда откидная доска легко поднимается вверх (рис. 12).

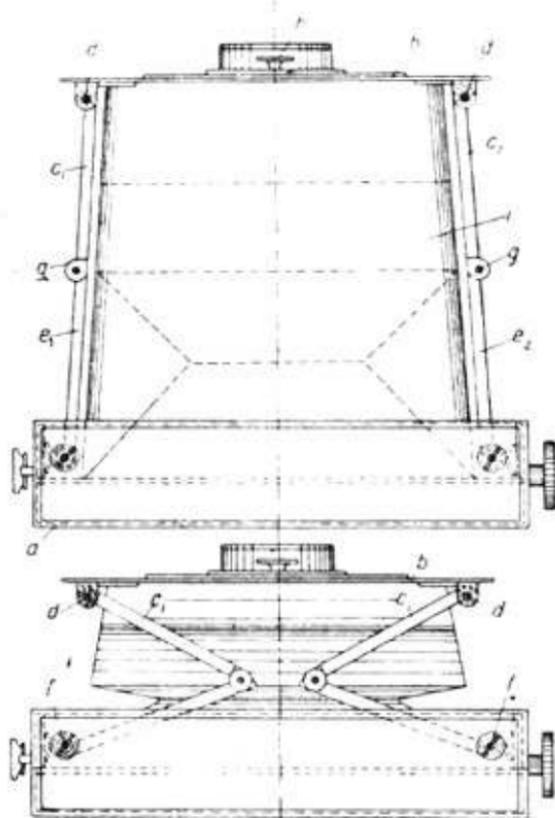
4. Откидную доску окончательно захлопните.

Проделав указанное, вы закроете аппарат.¹

Установка фотоаппарата на штативе производится точно так же, как и установка дорожной камеры (рис. 7).



12. Закрывание универсальной камеры.



13. Схема устройства клапп-камеры: *h* — ушки для растяжения меха камеры; *b* — объективная доска; *i* — мех; *c*₁—*c*₂—*e*₁—*e*₂—металлические распорки, удерживающие мех в растянутом состоянии; *d* и *f*—шарнирные соединения металлических распорок.

В. Камеры на распорках (клапп-камеры)

Камеры на распорках (клапп-камеры) имеют также форму плоского ящика, причем объектив обычно у них находится снаружи (рис. 13). Эти камеры имеют сравнительно короткий мех и в них объективная часть бывает связана с задней стенкой при помощи металлических распорок. Такая конструкция позволяет чрезвычайно быстро вскрывать камеру, что очень важно при фоторепортерских и спортивных съемках, где она и находит свое наибольшее применение. В то время

как обычную камеру надо раскрыть, затем передвинуть по салазкам объектив или матовое стекло и закрепить их в нужном положении для получения изображения, на что потребуется около одной минуты, клапп-камера может быть совершенно приготовлена к съемке в течение 5—6 секунд.

Клапп-камеры всегда снабжаются хорошим объективом и делаются очень прочными, а потому они дороги. Изготавливаются они металлическими и деревянными. Металлические камеры всегда обтягиваются кожей или ее имитацией, деревянные чаще всего полируются.

Ввиду того, что у клапп-камеры матовое стекло не может передвигаться относительно объектива, эти камеры снабжаются объективами в оправе с червячным ходом. Передвигая рычаг червячного хода вы вывинчиваете объектив и тем удаляете его от матового стекла. Вращая в противоположную сторону, вы приближаете его к матовому стеклу. В некоторых клапп-камерах делается подвижной вся объективная часть; передвижение ее производится сжиманием распорок камеры посредством особого винта. Кроме того клапп-камеры снабжаются всегда метражной шкалой.

Для чего требуются такие приспособления,—вы узнаете из работы: «Получение изображения на матовом стекле».

Кроме спортивных и фоторепортажных съемок клапп-камеры пригодны для видовых и архитектурных съемок. Портретные снимки ими можно производить только в мелком масштабе.

В 1933 г. производство клапп-камер намечено поставить заводом «Украинфильм». Первый пробный аппарат уже изготовлен. Камера будет типа «Неттель», но со значительными усовершенствованиями.

Работа 3. Ознакомление с устройством клапп-камеры

Приготовьте: фотоаппарат и штатив.

Выполнение работы.



1. Раскрытие клапп-камеры.

Открытие клапп-камеры. 1. Возьмите левую рукою аппарат так, чтобы большой палец прошел под ремешок, а кисть руки охватила заднюю рамку. Если аппарат тяжелый, например размера 13×18 см, то прижмите его слегка к груди. Правую рукою ухватитесь за специально повернутые в объективной доске ушки или сделанные в ней вырезы и с силою потяните от себя. Объективная доска выдвинется вперед скользя по распоркам (рис. 14).

2. Проверьте, вошли ли шпеньки в вырезы распорок, если нет, то подтяните объективную доску так, чтобы

они вошли в предназначенные им вырезы. Иначе передняя доска не будет устойчиво укреплена, и аппарат сможет сам закрыться.

3. Снимите с объектива объективную крышку.

Проделав указанное, вы откроете аппарат. Закрывание клапн-камеры. 1. Нажмите на распорки наружу или внутрь (это зависит от направления выреза в распорках. Догадаться, куда нажимать—очень легко). Когда шпильки выйдут из вырезов, нажмите на уши или вырезы внутрь к задней рамке камеры. Объективная доска, плавно скользя по вырезам распорок, встанет на свое место.

2. Наденьте на объектив, объективную крышку.

Проделав указанное, вы закроете аппарат.

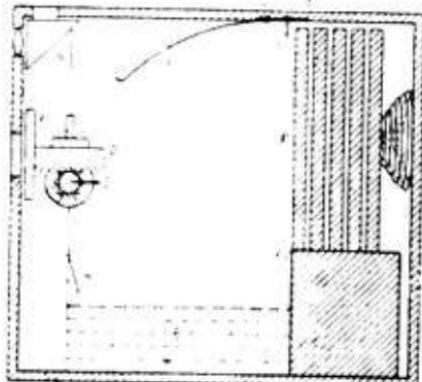
Установка клапн-камеры на штативе производится точно так же, как и установка камеры с откидной основной доской (см. работу 1, стр. 11).

Г. Ящичные аппараты

Ящичные камеры представляют собой прямоугольную коробку, в передней части которой укреплен объектив, в задней—специальная кассета на 6 или 12 пластинок (рис 15). Эти камеры снабжаются



15. Внешний вид магазинной камеры.



16. Схема магазинной камеры.

несложной оптикой. У большинства систем ящичных камер объектив не может менять своего положения. Этот недостаток сильно ограничивает применение ящичных камер. Имеются ящичные камеры, у которых объектив, в некоторых пределах можно передвигать особою кремальерою. Эти камеры не имеют матового стекла.

Схема ящичных пластиночных аппаратов представлена на рис. 16; *о*—объектив с кремальерою; в нижней части оправы объектива сделана зубчатка, с помощью которой он передвигается. *S*—стрелка, показывающая расстояние в метрах на неподвижной шкале, *P*—пластинки, передвигающиеся в вертикальном положении внизу скобкою *K*, вверху—согнутым под углом рычажком *аов*. После съёмки, поднимая рычаг *S*, заставляем вращаться рычажок *аов* вокруг точки *о*. Конец *а* поднимается и освобождает первую пластинку, которая падает, занимая место *P*₁. Конец *в* рычажка *аов*, опускаясь, не дает возмож-

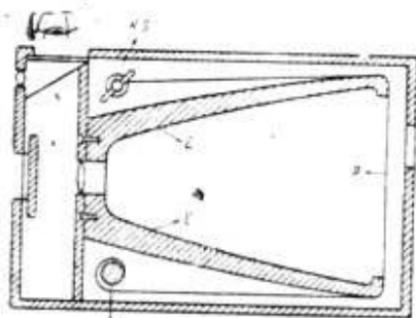
ности упасть второй пластинке. Когда рычаг *C* будет опущен, вторая пластинка, под давлением пружины *G*, займет место первой. *W* — зеркало визера; *R* и *R*₁ — пружины, смягчающие силу падения пластинки; *V* — затвор.

Любительские ручные ящичные камеры для снимания на пленках строятся приблизительно одинаково по следующей схеме (рис. 17). В наружной камере помещается внутренняя камера *EE*. Около объектива внутренняя камера суживается, образуя пустоты, в которых помещаются катушка *KP* с пленкой и катушка *KS* с ключом для вращения, выходящим наружу аппарата.

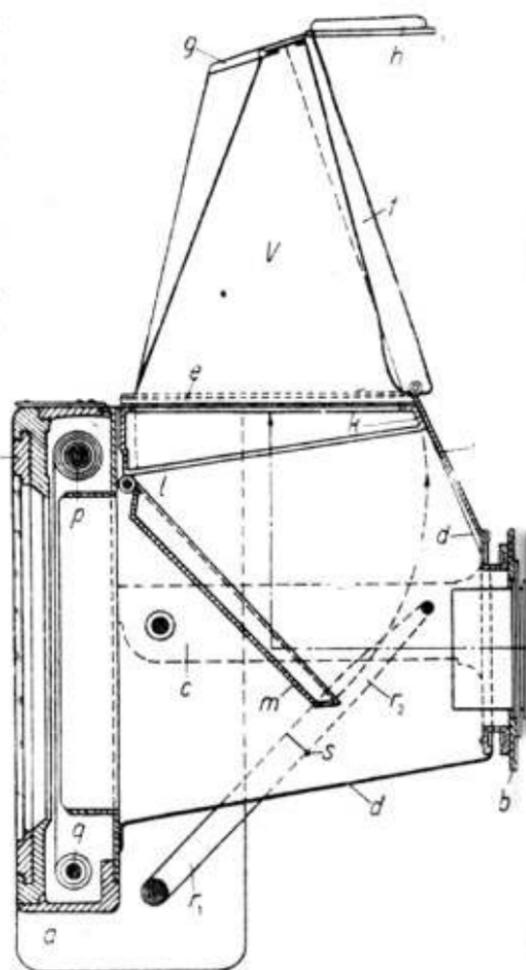
Существенным недостатком этих аппаратов является отсутствие матового стекла, почему начинающему фотографу на них ничему научиться нельзя.

Вследствие этого практические работы с этим типом аппаратов описаны не будут.

Ящичные камеры в значительных количествах выпущены у нас.



17. Схема магазинной пленочной камеры.



18. Разрез зеркальной камеры: *d* — корпус камеры; *m* — зеркало, укрепленное на шарнире *l*; *r*₁ и *r*₂ — металлические распорки, соединенные на шарнире *s*; *t* — матовое стекло в ролике; *p*, *q* — шторный затвор; *a* — корпус шторного затвора; *b* — объектив; *e* — матовое стекло, на которое отбрасывается зеркалом, *m* — изображение снимаемого объекта; *v* — конус для защиты от света изображения, получаемого на стекле; *h* — крышка, закрывающая конус при складывании камеры.

Д. Зеркальная камера

Зеркальная камера (зеркалка) представляет собой квадратный ящик с открытыми верхней и задней стенками. В верхнюю открытую стенку вставляют матовое стекло, а в заднюю стенку вдвигаются кассеты

Перед объективом закрывая пластинку, стоит под углом в 45° зеркало. Зеркало имеет амальгаму по верхней лицевой стороне или, чаще, является хорошо отполированной металлической пластинкой. Захватывать руками зеркало чрезвычайно вредно. Обычные зеркала не употребляются, так как стекло, находящееся поверх амальгамы, искажает изображение.

Зеркало принимает на себя изображение и отбрасывает его под прямым углом вверх на матовое стекло. В этот момент зеркало наглухо закрывает пластинку. Когда выбран сюжет, сделана на него наводка, нажимают на спуск затвора и тотчас же зеркало автоматически поднимается, прижимаясь к матовому стеклу, а лучи падают на пластинку и дают снимок. На рис. 18 дан чертеж зеркальной камеры.

Обычно зеркальные камеры бывают снабжены двумя кольцами по бокам и длинным ремнем, который перекидывается через голову так, чтобы камера висела на высоте груди. Мех делается высоким, чтобы не наклоняться. Иногда камера вместо червячного хода имеет у объектива выдвигающуюся переднюю стенку и мех, как у камеры с откидной основной доской.

Недостатками зеркальной камеры являются сложность конструкции и дороговизна.

Производство зеркальных камер также налаживает завод «Украинфильм», но никаких данных о конструкции зеркалки у авторов пока не имеется.

Специальные камеры за недостатком места рассматриваться не будут.

ГЛАВА II

ДЕТАЛИ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО АППАРАТА

§ 3. ОБЪЕКТИВ

Объективы придаются фотографическим камерам для улавливания и отбрасывания (проектирования) изображения на матовое стекло и светочувствительную пластинку. Объективы могут состоять из одной линзы или из системы линз.

Существуют различные конструкции фотографических объективов. Из них самыми распространенными являются:

1. **Перископы** — объективы, состоящие из двух простых линз. Перископы обладают многими недостатками, но все же пригодны для работы.

2. **Апланаты** — состоящие также из двух одинаковых линз, каждая из которых склеена из двух линз, в них устранены многие недостатки, присущие перископам.

3. **Антигматы** — наиболее совершенные объективы, имеющие сложное устройство. Подробно об устройстве каждого из этих видов объективов будет сказано в части «Фотографическая оптика».

Каждый объектив заключается в определенную оправу, которая имеет различный вид в зависимости от своего назначения.

Различают четыре основных типа оправ.

1. **Нормальная оправа.** Нормальными называются медные или алюминиевые оправы с солнечной блендой (блендой называется выступ оправы перед передним стеклом объектива). Нормальная оправа всегда целиком выдается наружу. В нижней своей части она имеет винтовую нарезку, при помощи которой ввертывается в объективное кольцо. Объективное кольцо по своей окружности имеет несколько отверстий для винтиков, которыми оно привертывается к объективной дощечке. Винтики употребляются очень короткие, чтобы не пройти насквозь тонкую объективную дощечку. Они должны иметь очень выпуклые витки, чтобы прочно держать кольцо. Линзы в этих оправках укрепляются неподвижно. Они применяются главным образом в больших и дорожных камерах (рис. 19а).

2. **Оправа углубленная.** Она ничем не отличается от нормальной оправы, только объективное кольцо у нее ввинчивается в середине оправы. При таком положении объектив наполовину скрыт в камере, что представляет некоторое удобство в обращении. Употребляется углубленная оправа в зеркальных и дорожных камерах (рис. 19б).



19. Различные виды оправ объективов: а—нормальная; б—углубленная; в—с центральным затвором и д—с червячным ходом.

3. **Оправа для центральных затворов.** Эта оправа объектива соединяется с оправой затвора так, что представляет с нею одно целое. С объективной доской она скрепляется при помощи объективного кольца изнутри меха. Встречается у большинства ручных камер (рис. 19с).

4. **Вставная оправа, или так называемая оправа с червячным ходом.** Она состоит из двух оправ: а) внутренней в которой собраны линзы; б) внешней, имеющей также нарезку. По этой нарезке внутренняя оправа входит во внешнюю. Крутая нарезка позволяет одним поворотом выдвигать объектив почти на 2,5 см. Эта оправа употребляется в камерах, не имеющих раздвижного меха, т. е. в клапп-камерах и ящичных зеркалках (рис. 19д).

На каждом объективе имеется выгравированное название типа, порядковый заводской номер, фокусное расстояние и светосила (что такое фокусное расстояние и светосила, читатель узнает позже). На нормальных оправках все эти данные наносятся на ее наружной части. На остальных типах оправ все сведения даются на внутреннем кольце объектива.

Каждый объектив обязательно снабжается диафрагмой, которая служит для увеличения резкости изображения, рисуемого объективом.

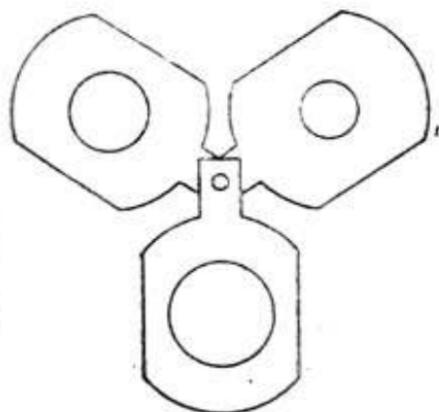
Диафрагмы по своей конструкции разделяются на:

1. **Вставные (пластинчатые),** представляющие матовые пластинки с круглыми отверстиями разной величины посередине (рис. 20). Они

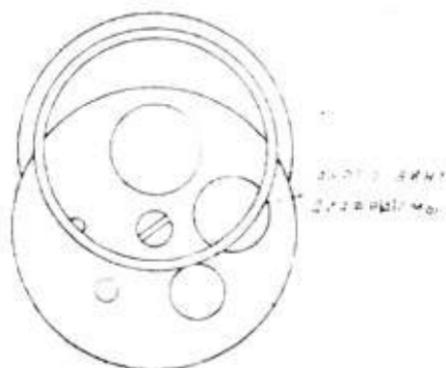
вставляются в сделанный в оправе объектива прорез. К объективу придается всегда их набор.

2. Вращающиеся — дисковые; они называются еще „револьверными диафрагмами“. Эти диафрагмы представляют собой диск с рядом отверстий разного диаметра. Диск своим центром укрепляется на окружности оправы объектива и частью входит в оправу между линзами. Поворачивая его, возможно поставить любое отверстие сделанное в диске, между линзами объектива (рис. 21).

3. Ирисовые, состоящие из ряда тонких заходящих друг на друга



20. Вставная диафрагма.

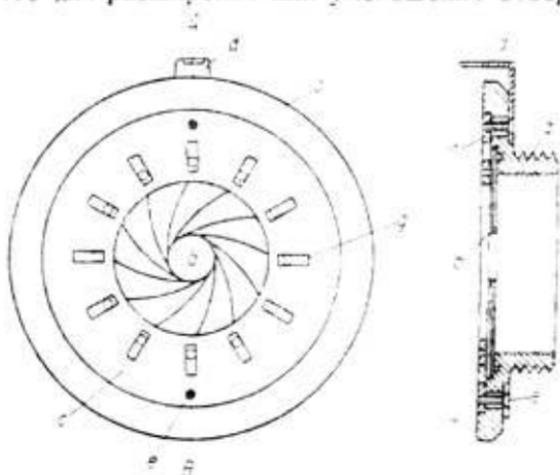


21. Револьверная диафрагма.

серповидных металлических или эбонитовых пластинок (рис. 22). Эти диафрагмы так устроены, что для расширения или уменьшения отверстия, образуемого серповидными пластинками, достаточно поворота кольца диафрагмы или специального рычажка.

У пластинчатых и дисковых диафрагм около каждого отверстия стоит цифра, показывающая его числовое значение. У ирисовых диафрагм эти числа выгравированы на оправе объектива около кольца диафрагмы, которое имеет черточку для точной установки против числа.

У объективов, смонтированных с центральным затвором, эти цифры наносятся на оправе затвора, и для точной установки против них имеется особый рычажок, связанный с диафрагмой.



22. Ирисовая диафрагма: I—вид спереди: б—лепестки диафрагмы; в—диафрагменное кольцо; г—шпешки лепестков диафрагмы; д—место укрепления показателя величины отверстия; а—корпус диафрагмы. II—разрез по линии АВ. Обозначения прежние.

Чтобы иметь возможность разобраться в системе объектива, укажем, что на них выгравировывается название типа, например:

1. Aplanat (Апланат). Вместо этого наименования могут стоять следующие названия: Aristoskop (Аристоскоп); Aristoplan (Аристокплан); Tetrastigmat (Тетрастигмат); Rubiat (Рубиар) и Demiар (Демииар). Наличие одного из этих названий указывает, что объектив относится к классу апланатов.

2. Anastigmat (Анастигмат). Анастигматов в настоящее время имеется много типов, причем каждый имеет свое название, которое выгравировывается на оправе. Вот некоторые наиболее употребительные: Tessar Zeiss (Тессар Цейсс), Dagor (Даргор; Kollinear (Коллинеар); Scopar (Скопар); Heliar Vogtländer (Гелиар Фохтлендер) и т. д.

3. Перископы никакими названиями не снабжаются.

Надо запомнить, что с объективами необходимо обращаться очень осторожно, так как они состоят из тщательно отполированных и отшлифованных линз, поверхность которых легко поцарапать.

Насевшая пыль смахивается мягкой волосяною (хорьковою) кисточкой. Попавшая грязь снимается очень осторожно мягкой тряпочкой (жесткая может поцарапать поверхность линзы). Вытирать нельзя ни носовым платком, побывавшим уже в кармане, потому что в него всегда могут попасть мельчайшие твердые крошки, которыми легко поцарапать стекло линз, ни полотенцами и салфетками, которые слишком грубы для этой цели. Лучше всего вытирать объектив мягкой замшей. Перед снятием грязи необходимо увлажнить поверхность линзы дыханием. От протирания стекол винным или нашатырным спиртом нужно воздерживаться и только в крайнем случае, слегка смочив чистую вату в спирту, можно протереть линзы и немедленно вытереть тряпочкой насухо.

Особенно необходимо защищать объективы от сильных колебаний температуры, почему зимой необходимо снимать объективную крышку только на время наводки и спуска затвора. При работе на сильном морозе без этих предосторожностей центральный затвор работает неверно, а у ирисовой диафрагмы иногда выпадают лепестки. Кроме того частое запотевание стекол и сырость портят полировку линз.

Вне работы объективы необходимо держать в темноте или закрытыми объективной крышкой, так как некоторые сорта стекол от солнечного света желтеют.

Безусловно воспрещается хранить объективы, а следовательно и аппараты в шкафах с химическими веществами, так как испарения от данных веществ могут подействовать разъедающе на линзы и оправу.

Начинающему фотографу совершенно воспрещается отвинчивать линзы и разбирать диафрагму и затвор, потому что, разобрав, он никогда правильно не соберет их снова.

Практические работы по ознакомлению со значением объектива и диафрагм будут даны после изучения работы затворов.

§ 4. ЗАТВОРЫ

Назначением затвора является регулировка силы освещения, падающего через объектив на светочувствительную пластинку.

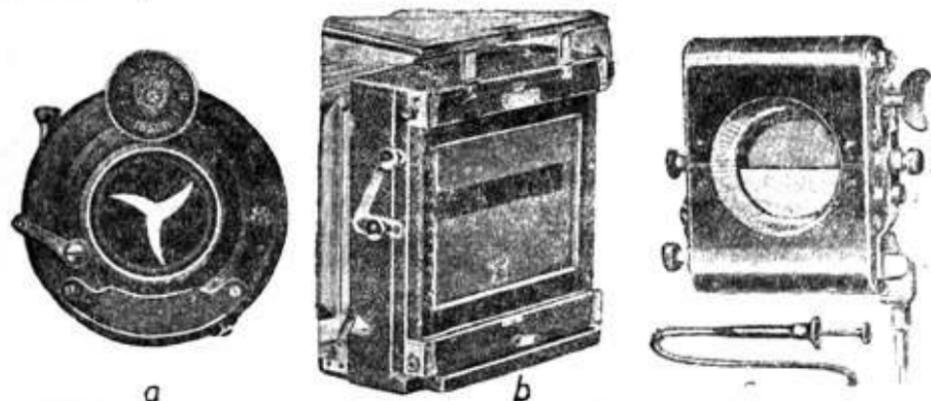
Простейшим затвором может служить снимаемая на время экспозиции рукою объективная светонепроницаемая крышка.

Современные же аппараты бывают снабжены одним из следующих видов затворов:

- 1) центральным, который делится на: а) сегментные и б) секторные;
- 2) щелевым (часто его неправильно называют шторным,—есть особые шторные затворы, надевающиеся на объективы).

Центральные затворы обычно помещаются внутри объектива так, что составляют с ним одно неразрывное целое.

Центральные сегментные затворы состоят из двух сегментов (лепестков), сделанных из тонкого эбонита или оксидированной (почерненной) стали или латуни. Сегменты раскрываются системой рычагов и спиральных пружин, которые выводятся из состояния покоя нажимом на спуск. Сегментные затворы работают автоматически и без завода. Они работают неточно. Наиболее распространенным сегментным затвором является затвор марки «Варио».



23. Различные виды затворов: а—центральный, б—щелевой и в—шторный.

Центральные секторные затворы состоят из трех и более секторов (лепестков), раскрывающихся звездочкой от центра к периферии. Они приводятся в действие особым расположенным внутри затвора секторным кольцом, которое поворачивается спусковым рычажком от руки.

По своему действию секторные затворы делятся на:

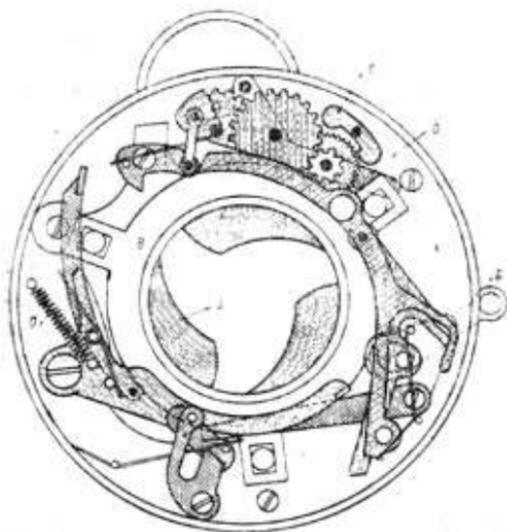
- а) автоматические, непосредственно готовые к действию, и
 - б) требующие предварительного завода при съемке «моментально».
- Скорость «моментально» регулируется от 1 сек. до 1/300 сек. в следующих подразделениях: 1, 1/2, 1/5, 1/10, 1/25, 1/50, 1/100, 1/150, 1/200, 1/250 и 1/300 сек.

Лучшими секторными затворами считаются: из автоматических—«Ибсор» и «Автомат-Кодак»; с предварительным заводом—«Компур» и «Компаунд».

Центральными затворами снабжаются сейчас большинство фотоаппаратов. Один из центральных затворов показан на рис. 23, а.

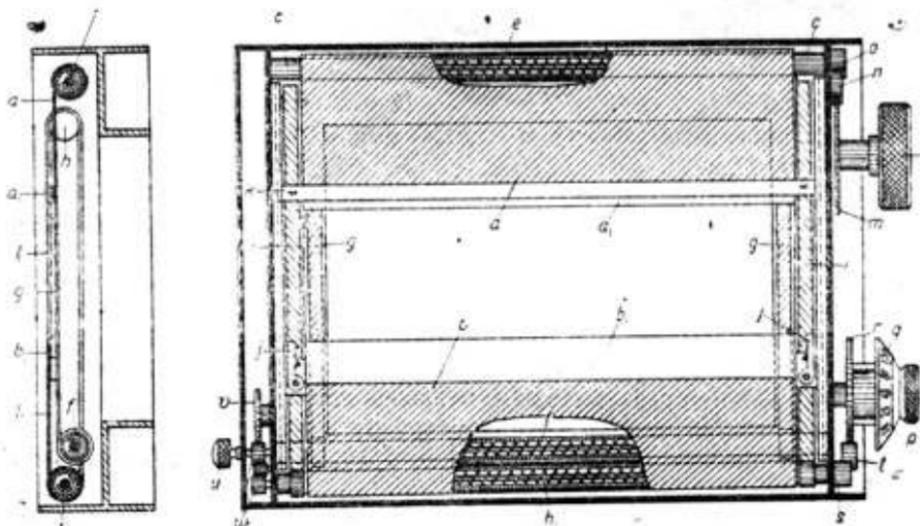
Центральные затворы имеют очень сложный механизм, что видно из приводимого чертежа (рис. 24).

Достоинством секторных затворов является постоянство их действия, значительная точность (практически) экспозиции и прочность. Затворы почти не занимают места, мало весят и работают во всякое



24. Внутренний механизм центрального автоматического затвора: *a*—корпус; *b*—секторное кольцо; *c*—пружина; *d*—колебательный передаточный механизм; *e*—анкер; *f*—колесико для установки и величины экспозиции; *g*—спусковой рычаг и *i*—секторы.

время года. Главным недостатком секторных затворов является то обстоятельство, что при небольших выдержках, когда необходимо использовать всю светосилу объектива, затвор диафрагмирует значительную часть экспозиции, т. е. полностью открыт он бывает не все время экспозиции, а лишь незначительную ее часть. Остальную часть экспозиции затвор бывает открыт только в центре, таким образом, уменьшая полезное отверстие объектива, он является как бы диафрагмой. У лучших затворов для устранения этого недостатка ставят очень сильные пружины, которые сводят процесс открывания и закрывания к минимальному времени. Уничтожить же совершенно этот недостаток нельзя.



25. Внутренний механизм щелевого затвора: *a*—*b*—шторка; *a*, *b*—планки, прикрепленные для прочности на краях шторки; *c*—наматывающий валик с пружиной *e*; *f*—наматывающий валик для верхней шторки с тянущими тесемками *g*; *h*—наматывающий валик нижней шторки с тянущими тесемками *i*; *f*—соединительный рычаг обеих шторок; *k*—упорный штифт верхней шторки; *l*—колесико для завода с передаточной шестеренкой *m*; *n*—передаточная, *o*—ведущая шестеренка верхней шторки; *p*—колесико для натяжения пружины шторки; *q*—колесико с делениями экспозиции; *t*, *s* и *r*—передаточные и ведущие шестеренки на вал их *h*; *u*—устанавливающий ролик с передаточными шестеренками *v* для регулирования натяжения пружины.

Производство затворов стоит на втором месте после изготовления объективов. В 1932 г. ВООМП выпущены затворы «Компур», а «Эфтэ» — затвор системы «Варио». К массовому производству тех и других затворов заводы приступают.

Щелевые затворы обычно помещаются в задней рамке камеры перед пластинкою. Они представляют собой шторку со щелью по всей ее длине (см. рис. 23а, 25). При этих затворах объектив бывает совершенно открыт, а пластинка закрыта шторкою. Когда затвор бывает заведен, то щель в шторке находится выше пластинки (она наматывается на валик) и пластинка совершенно защищена от света.

Шторка состоит из двух частей и щели, каждая часть шторки должна свободно закрывать матовое стекло или пластинку. Ширина щели у щелевых затворов обычно может изменяться при помощи небольшого колесика. При перематывании на верхний валик шторки заводится пружина на нижнем валике. Нажимая на спуск, освобождают храповое колесо, удерживающее от вращения верхний валик; пружина на нижнем валике начинает действовать, и шторка проходит последовательно сверху донизу, открывая пластинку для действия лучей, падающих на нее через объектив.

Большинство щелевых затворов рассчитаны так, что при самом сильном натяжении пружины и при самой малой ширине щели скорость экспозиции равна 1/1000 сек., а при самом слабом натяжении и ширине щели во всю пластинку равна 1/10 сек. Промежуточные скорости достигаются или изменением ширины щели или изменением натяжения пружины или тем и другим вместе.

Кроме того многие щелевые затворы снабжены приспособлением для съемки с выдержкой.

В старых системах щелевые затворы устроены так, что при открытой пластинке заводить их нельзя. В одних новых системах этот недостаток устранен с помощью клапанов, устанавливаемых перед шторкою и поднимающихся во время экспозиции. В других системах шторка сконструирована так, что при заводе концы ее, образующие щель, плотно смыкаются и тем самым не дают свету подействовать на пластинку.

Существуют щелевые затворы со шторкою не в две, а в несколько частей. Между этими частями шторка имеет разные щели. Если требуется большая скорость, ставят первую щель; если скорость мала — вращают ключ далее и ставят вторую щель, при этом пружина также заводится сильнее. Таким образом с изменением ширины щели изменяется и натяжение пружины.

Щелевые затворы применяются при съемках быстро движущихся предметов, когда требуется пользоваться чрезвычайно короткой экспозицией, причём шторный затвор, находясь вне объектива, не диафрагмирует его. Поэтому ими почти всегда снабжаются зеркальные камеры и клапп-камеры.

Недостатком щелевых затворов является то, что они капризны, сотрясают камеру и зимой от холода действуют медленнее или совершенно отказываются работать.

Каждый щелевой затвор имеет: 1) валик для перемены ширины щели; он обычно помещается в верхней части задней рамки; 2) валик для изменения натяжения спусковой пружины; он помещается обычно внизу задней рамки и 3) валик завода шторки. Все эти ва-

Пики соединены с показателями, отмечающими изменения ширины щели, силу натяжения пружины и т. д. (рис. 25).

Кроме указанных типов затворов, составляющих одно целое с аппаратом, имеются еще центральные и шторные затворы, надевающиеся для работы на объектив. Они по точности работы значительно уступают первым.

Клапп камера „Украинфильм“ будет снабжена шторным затвором советского изготовления.

Стандартных щелевых затворов, как это имеет место в центральных затворах, не имеется. Каждая фирма, а некоторые даже в отдельных типах своих аппаратов так или иначе видоизменяют их устройство. Поэтому, приводя ниже описание наиболее часто встречающихся видов щелевых затворов, мы предлагаем читателю, если тип его затвора не подходит ни под один из описанных, внимательно прочесть все три работы, а затем только приступить к изучению своего затвора. Изучив предварительно три изложенных схемы затворов, не трудно будет уже догадаться о назначении тех или других деталей на вашем затворе.

Работа 4. Изучение центральных затворов.

Приготовление: выньте из футляра аппарат откройте его и установите на штативе.

Выполнение работы.

Предварительное замечание. Затворы представляют самую сложную часть аппарата и в обращении с ними надо быть крайне осторожным. Поэтому обращение с ними необходимо изучить в совершенстве.

Перед тем как приступить к работе с затвором, необходимо установить является ли он автоматическим или требующим предварительного завода перед действием. Сделать это легко, посмотрите на ваш затвор и определите, сколько он имеет рычажков, если у него один рычажок, то затвор автоматический; если два — с предварительным заводом.

Если вы установили, что затвор у аппарата не автоматический, то переходите к чтению раздела Б этой работы.

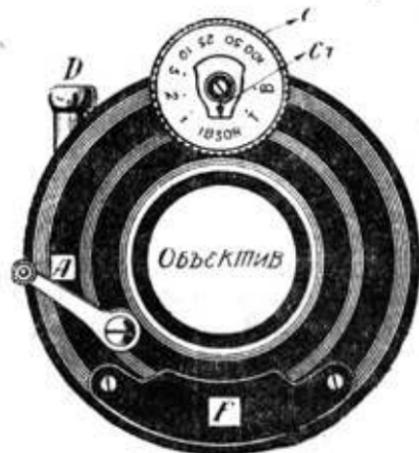
А. Затворы центральные автоматические.

1. Вращая осторожно маленький диск (рис. 26) затвора *E*, установите против стрелки *Ст* букву *T*; если этой буквы на вашем диске не имеется, то установите букву *Z*. Эти буквы являются начальными буквами слова «время», *Z* — на немецком языке (*Zeit*), а *T* — на английском языке (*Time*). Установив точно против стрелки букву, нажмите осторожно на рычажок *A*, который называется «спуском затвора». Затвор с резким щелканьем откроется.

Направьте камеру на окно и посмотрите на матовое стекло.

Что замечаете?

Снова нажмите спуск, — матовое стекло станет темным. Повторите проделанное. На основании проделанного можно сделать следующий вывод.



26. Автоматический центральный затвор.

При установке стрелки против буквы *Z* (или *I*) маленького диска первым нажатием затвор открывается, а вторым нажатием — закрывается.

2. Установите против стрелки букву *B* (в некоторых затворах букву *D* или *I*) и нажмите на спуск. Не опуская его, посмотрите на матовое стекло оно будет освещено. Отпустите спуск затвор закроется. Прodelайте это несколько раз.

Вывод: при установке против стрелки буквы *B* (или *D* и *I*) затвор будет открыт до тех пор, пока спуск затвора нажат.

3. Поставьте наконечник против стрелки буквы *M* (момент) и, наблюдая за матовым стеклом, нажмите спуск: матовое стекло будет освещено только на одно мгновение. Повторите снова, — тот же результат.

Примечание. Несложные затворы этими тремя видами действия и ограничены: первым случаем можно пользоваться при наводке, вторым — при экспозиции с нужной выдержкой и наконечником последним — для моментальных съемок. В более сложных системах автоматических затворов время моментальной съёмки может изменяться в пределах от 1 сек. до 1/200 сек. На таких затворах вместо буквы *M* имеются на маленьком диске цифры: 1, 2, 5, 25, 50, 100, которые показывают, какую долю секунды затвор остается открытым при данном положении диска. Приведенные цифры являются знаменателем доли секунды; так например 1 обозначает 1 сек. 2 — $\frac{1}{2}$ сек. 5 — $\frac{1}{5}$ сек. и т. д.

4. Поставьте против стрелки цифру 1. Нажмите спуск, затвор с жужжанием откроется ровно на 1 сек. Проверьте время действия затвора по вашим часам. Снова прodelайте все сначала, но во время действия затвора наблюдайте уже за матовом стеклом. Устанавливая последовательно против стрелки цифры: 2, 5, 10 и т. д. каждый раз нажимайте спуск.

Сделайте соответствующие выводы, руководствуясь изложенным выше.

5. Вверните в отверстие *D* гибкий шланг, которым приводится в действие спуск. Прodelайте с ним все описанные выше упражнения. Нажимайте на шланг.

6. Наклоните аппарат к свету так, чтобы были видны лепестки (секторы) затвора. Подсчитайте их количество. Нажмите спуск и наблюдайте за механикой раскрытия затвора.

ПАМЯТКА

ДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАТВОРА

Z или *T* — съёмка с выдержкой. Затвор открывается при первом нажатии и остается открытым до тех пор, пока не будет произведено вторичное нажатие спуска.

D или *B* — съёмка с короткой выдержкой. Затвор открыт только во время нажатия спуска.

M или *I* — моментальная съёмка. При нажатии на спуск затвор открывается только на время, установленное на диске.

7. Изучив основательно обращение с затвором, приступите к упражнениям по заводу его на определенную экспозицию.

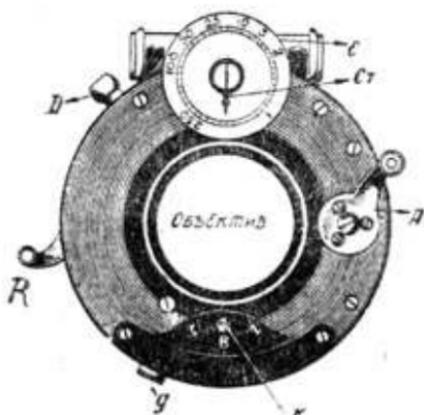
Примеры: 1. Требуется снять велосипедиста с экспозицией в $\frac{1}{100}$ сек. Для этого установите цифру 100 на диске *E* против *Ст*. Нажмите на рычаг *A* — лепестки затвора раскроются на $\frac{1}{100}$ сек.

2. Требуется снять с выдержкою в 2 сек. портрет. Для этого установите букву *B* диска *E* против стрелки *Ст* и нажмите рычаг *A*. Затвор откроется. Не отпускайте рычаг *A* до тех пор, пока не истекнут 2 сек. Затем отпустите его — затвор закроется.

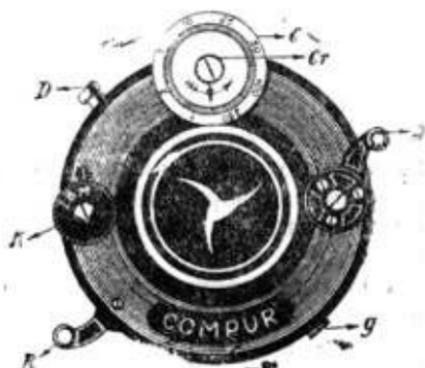
3. Требуется произвести репродукцию рисунка с экспозицией, равной 3 мин. Для этого установите букву *T* диска *E* против стрелки *Ст*. Нажмите спуск — затвор откроется. По истечении 3-мин, снова нажмите на спуск — затвор закроется.

Б. Затворы центральные с предварительной заводкой.

1. Вращая рычажок *K* (рис. 27) или диск *K* (рис. 28) устанавливаем их на букву *Z* или *T*. Установив в первом случае рычажок против буквы, а во втором букву против стрелки (черточки), нажмите осторожно на рычажок *R*, который называется «спуском затвора». Затвор плавно откроется.



27. Центральный затвор системы «Компаунд» с предварительным заводом.



28. Центральный затвор системы «Компур» с предварительным заводом.

Направьте камеру на окно и посмотрите на матовое стекло. Что замечаете? Снова нажмите спуск — матовое стекло станет темным.

На основании проделанного можно сделать следующий вывод: при установке в одном случае рычажка *K* затвора против буквы *Z* или *T*, в другом — тех же букв диска *K* против стрелки (черточки) первым нажатием затвор открывается, вторым нажатием закрывается.

2. Установите рычажок *K* или диск *K* против буквы *B* (в некоторых затворах против буквы *D* или *I*) и нажмите на спуск. Не отпуская его, посмотрите на матовое стекло — оно будет освещено. Отпустите спуск, — затвора закроется. Проведите это несколько раз.

Вывод: при установке рычажка *K* против буквы *B* или *D*, или *I*, или тех же букв диска *K* против стрелки (черточки) — затвор будет открыт до тех пор, пока спуск затвора нажат.

3. Поставьте наконечник рычажок *K* против буквы *M* или букву *M* диска против черточки. Нажмите спуск—затвор не будет действовать. Для приведения его в действие необходимо его завести. Поверните для этой цели рычажок *M* вниз до тех пор, пока затвор не щелкнет. Этим вы заведете его. Наблюдая за матовым стеклом, нажмите спуск—матовое стекло будет освещено некоторое время. Продолжительность освещения регулируется диском *E*.

4. Поставьте против стрелки *Ст* цифру 1 на диске *E*. Заведите затвор. Нажмите спуск—затвор откроется ровно на 1 сек. Проверьте время действия затвора по вашим часам. Снова сделайте все сначала, но во время действия затвора наблюдайте уже за матовым стеклом. При установке цифры 2 против стрелки затвор откроется на $\frac{1}{2}$ сек., против цифры 5—на $\frac{1}{5}$ сек. и т. д. Значит цифры на диске показывают, какую долю секунды остается затвор открытым при данном положении диска.

Установите последовательно против стрелки цифры: 2, 5, 10, 25, и т. д., каждый раз заводя затвор и нажимая спуск. Сделайте соответствующие выводы, руководствуясь изложенным выше.

5. Вверните в отверстие *D* гибкий шланг, которым приводится в действие спуск. Прodelайте с ним все описанные выше упражнения.

6. Наклоните аппарат к свету так, чтобы были видны лепестки (секторы) затвора. Подсчитайте их количество. Нажмите спуск и наблюдайте за механикой раскрытия затвора.

**ПАМЯТКА
ДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЗАТВОРА С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ
ЗАВОДКОЙ**

Z или *T*—съемка с выдержкой. Затвор открывается при первом нажатии и остается открытым до тех пор, пока не будет произведено вторичное нажатие спуска.

B или *D*—съемка с короткой выдержкой. Затвор открыт только во время нажатия спуска.

M или *I*—моментально съемка. Затвор требуется предварительно завести. При нажатии на спуск затвор открывается только на время, установленное на диске.

7. Изучив основательно обращение с затвором, приступите к упражнениям, заводя его на определенную экспозицию.

Примеры: 1. Требуется снять движущегося человека с экспозицией в $\frac{1}{50}$ сек. Для этого установите букву *M* диска *K* против черточки (или рычаг *K* против буквы *M*), а диск *E* поверните в направлении, указанном стрелкою, так чтобы цифра 50 на диске установилась против стрелки *Ст*. Когда это сделаете, поверните рычаг *A* книзу до тех пор, пока затвор не щелкнет,—этим вы заведете его для работы на момент. Нажмите спуск *K*—лепестки затвора раскроются, на $\frac{1}{50}$ сек.

2. Требуется снять ландшафт с экспозицией в 5 сек. Установите букву *Z* диска *K* или рычаг *K* против буквы *Z* и нажмите на спусковой рычаг—затвор раскроется. Через 5 сек., отсчитанных по часам снова нажмите спуск—затвор закроется.

Работа 5. Изучение щелевого затвора системы «ИКА»

Приготовление: 1) выньте из футляра аппарат; 2) откройте его, 3) приготовьте линейку с миллиметровыми делениями (обыкновенную чертежную).

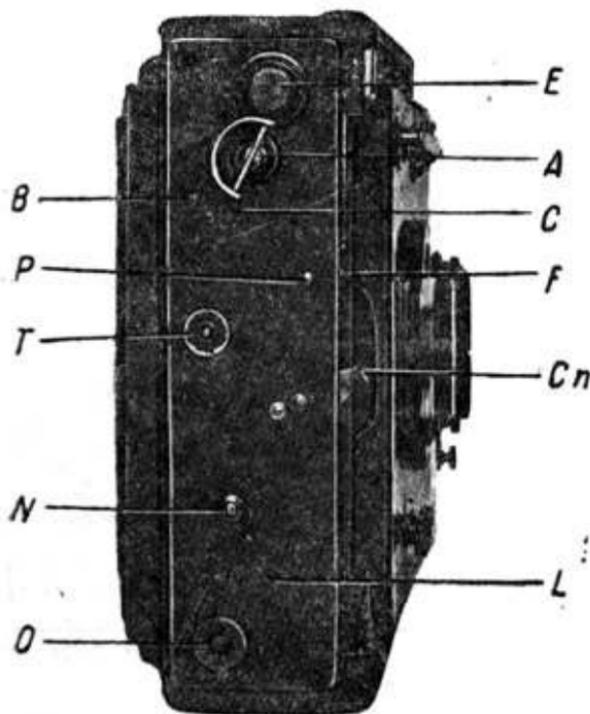
(Выполнение работы.

1. Выньте из аппарата рамку с матовым стеклом.

2. Установите черточку маховичка *T* на отметку *M*—4—40 (рис. 29).

3. Поверните валик *A* в направлении, указанном стрелкой, на полный оборот. Посмотрите на указатель ширины щели шторки *E*. Если на нем стоит цифра, указывающая в миллиметрах величину короткой стороны пластинки, например 130 при камере размера 13×18, то шторка будет иметь щель, равную 130 мм.

4. Нажмите на спусковой рычаг *Cп* (в дальнейшем будем для краткости называть его «спуск») и наблюдайте, что происходит со шторкой: она плавно пробежит перед вашими глазами, постепенно закрывая отверстие.



29. Щелевой затвор системы „Ика“.

дет стоять число 130. Нажмите еще раз спуск—затвор щелкнет, и указатель *E* покажет 0. Таким образом устанавливаем, что при 2 оборотах можно сделать две, но разные по продолжительности экспозиции.

6. Наблюдая за шторкой, поверните рычаг *A* на 3 оборота и проделайте все то, что указано в п. 5. Затем поверните на 4, 5 оборотов и т. д. Наконец после некоторого числа оборотов шпенец *B* упрется в храповое колесо *C* и не позволит далее вращать рычаг. Каждый раз проверяйте, сходится ли ширина щели с показаниями указателя.

Если расхождение очень большое, то фактическая продолжительность экспозиции не будет сходиться с показанием таблицы, которая бывает прикреплена на задней раме камеры.

Кроме спуска *Sl* имеется еще второй спуск в виде кнопки *P*, которую для приведения затвора в действие необходимо нажимать книзу.

7. Установите черточку маховичка *T* против отметки *M*—130. Начните, как указывалось выше, поворачивать рычаг *A*. Через несколько оборотов шпенок *B* упрется в храповое колесо *C* и не позволит вращать рычаг *A*. Нажмите на спуск и наблюдайте за шторкой; увидите, что щель несколько раз промелькнула. Посмотрите на указатель ширины щели—увидите отметку 0. Это подтвердит ваше наблюдение. Отсюда сделаем вывод:

При установке маховичка *T* на *M*—130 можно производить экспозицию только со щелью, равной 130 мм. Второй спуск *P* при данном положении маховичка *T* не действует.

8. Посмотрите на таблицу экспозиций, перевернутую к камере. Увидите:

Rapid	Schlitzbreite	Extra rapid	
$\frac{1}{350}$	4	$\frac{1}{1000}$	Перевод: Rapid быстро Extra rapid очень быстро Schlitzbreite ширина щели sec секунды m/m миллиметры
$\frac{1}{120}$	10	$\frac{1}{270}$	
$\frac{1}{60}$	20	$\frac{1}{135}$	
$\frac{1}{35}$	40	$\frac{1}{80}$	
$\frac{1}{15}$	130	$\frac{1}{28}$	
sec	m/m	sec	

Таблица показывает, что затвор может работать с различной экспозицией при одной и той же ширине щели. Значит он должен иметь два натяжения пружины, приводящей затвор в движение. Посмотрите, какая видна буква в окошке *E*; если *R*, то значит, в данный момент пружина заведена на «рапид». Заведите ее на экстра-рапид, для чего вращайте маховичок *O* в направлении, указанном стрелкою, до появления в окошке *L* букв *ER*. Поставьте пружину снова на рапид, для чего подтяните сверху кнопку *N*.

Изучив основательно обращение с затвором, приступите к упражнениям по заводе его на определенную экспозицию.

Примеры: 1. Требуется снять движущегося человека с экспозицией в $\frac{1}{120}$ сек. Для этого ставите натяжение пружины затвора на *P* (рапид), маховичок *T* на *M*—4—40, а ширину щели устанавливаете рычагом *A* по указателю *E* на 10. Затем нажимаете спуск—щель пробежит перед пластинкою со скоростью $\frac{1}{120}$ сек.

2. Требуется снять быстродвижущийся гоночный автомобиль с экспозицией в $\frac{1}{1000}$ сек. Для этого ставите натяжение пружины затвора на *ER* (экстра рапид), маховичок *T* на *M*—4—40, а ширину щели установите на 4. Затем нажмите спуск,—щель пробежит перед пластинкою со скоростью $\frac{1}{1000}$ сек.

Предварительное замечание. Многие щелевые затворы снабжены предохранительными клапанами, позволяющими производить заводку при открытой кассете. Такие затворы имеют специальное приспособление, чтобы поднимать клапаны при наводке изображения с помощью матового стекла.

Сделав один оборот рычагом *A*, установите щель на полную ширину пластинки и убедитесь, имеются ли в вашей камере предохранительные клапаны. Если да, то установите черточку маховичка против слова *gesichert* и опустите кнопку *K*. Клапаны откроются и да-

дут возможность наблюдать изображение на матовом стекле. Для работы с камерой поднимите кнопку *F*, переставьте маховичок *T* на желаемую отметку, заведите затвор и снимайте.

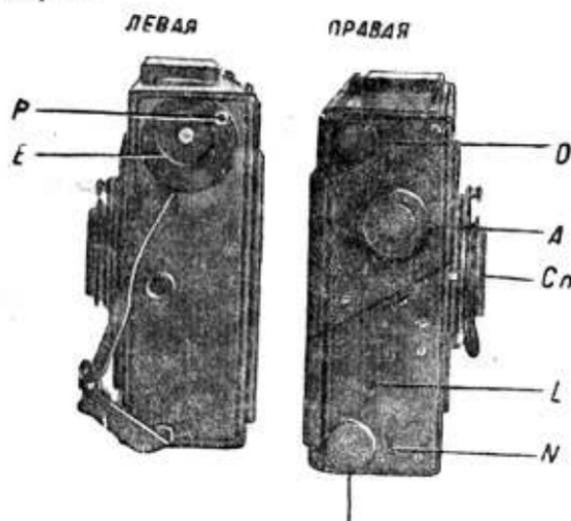
Работа 6. Изучение щелевого затвора системы „Эрнеман“

Приготовление: 1) выньте из футляра аппарат; 2) откройте его; 3) возьмите линейку с миллиметровыми делениями.

Выполнение работы.

1. Выньте из аппарата рамку с матовым стеклом и установите кнопку *T* на букву *M* (момент) (рис. 30).

2. Нажмите левой рукой кнопку *P* (она помещена на левой стороне задней рамки из положения при съемке) и при помощи валика *g* (на правой стороне) установите указатель *E* на число 85. Посмотрите на шторку со стороны матового стекла — шторка будет открыта. Повертывая валик *A*, заведите шторку — теперь объектив будет ею закрыт.



30. Щелевой затвор системы „Эрнемана“; правая сторона: *g*—валик перемены щели (работает одновременно с нажатием кнопки *с* левой стороны); *A*—завод шторки; *O*—завод натяжения; *L*—окно показателя натяжения; *N*—штифтик для освобождения натяжения (спуск пружины); *Cn*—кнопка спуска затвора; левая сторона *P*—кнопка для перемены щели; *E*—окно показателя ширины щели.

3. Нажмите на спусковой рычаг и наблюдайте, что происходит со шторкою, она плавно пройдет перед вашими глазами, постепенно закрывая отверстие.

4. Нажимая на кнопку *P*, снова поверните валик *g*—на указателе появится цифра 40. Это означает, что шторка затвора имеет щель шириною в 40 мм. Проверьте, правильно ли показывает указатель *E*.

Для этого поверните валик *A* на полоборота, и когда появится щель, измерьте ширину ее линейкой. Отпустите валик—натяжение пружины поставит щель на прежнее место. Нажмите на спусковой рычаг—шторка пробежит более быстро.

5. Последовательно устанавливая щель шторки, как было указано выше, на цифры: 20, 10, 5 и 2, вы получите все большее ускорение прохождения шторки перед пластинкою. Но для практических целей этого изменения скорости еще недостаточно, а потому в затворе можно еще менять натяжение пружины, что достигается вращением валика *O*.

6. Посмотрите, какая цифра стоит в окне *L*, если не ноль, то переводением вниз штифта *N* спустите натяжение. В окне появится цифра 0, которая будет показывать наименьшее натяжение.

7. Поверните валик на один оборот: в конце покажется цифра 4, еще на один — 7 и наконец — 9, которая покажет, что пружине придано максимальное натяжение.

8. Комбинируя натяжение пружины и ширину щели, вы можете получить различные экспозиции.

Пример. Вы определили, что необходимо произвести съемку с экспозицией в $1/60$ сек. Какую необходимо взять ширину щели и какое натяжение? Смотрите на укрепленную на камере следующую табличку.

Spaltbreite	Federspannung			
	0	4	7	9
85	$1/12$	$1/14$	$1/18$	$1/24$
40	$1/25$	$1/30$	$1/38$	$1/50$
20	$1/50$	$1/60$	$1/75$	$1/100$
10	$1/100$	$1/120$	$1/150$	$1/200$
5	$1/200$	$1/40$	$1/800$	$1/400$
2	$1/500$	$1/600$	$1/750$	$1/1000$

Перевод: Spaltbreite — ширина щели в миллиметрах
Federspannung — натяжение пружины

Искомую экспозицию $1/60$ сек. находите против цифры 20 и 4. Это означает, что вы должны установить ширину щели в 20 мм и придать натяжению пружины затвора силу, помеченную на указателе цифрой 4. Тогда, нажимая на спуск, получите пробег шторки перед пластинкою со скоростью в $1/60$ сек.

9. В этом затворе имеется приспособление для съемки с любой выдержкою. Для этой цели установите кнопку *T* на букву *Z* (время) и заведите шторку валиком *A* (предварительно установив ширину щели на 85 мм). После завода щель шторки станет как раз против пластинки. По прошествии нужного вам времени вы можете, нажав спуск, закрыть шторку.

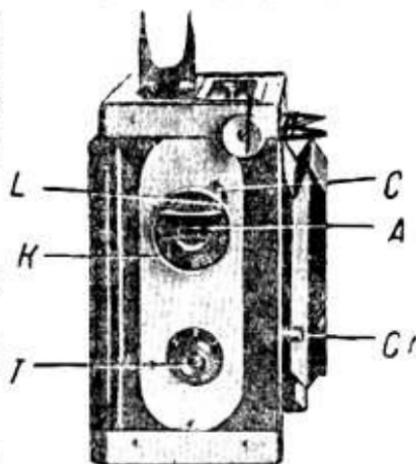
Работа 7. Изучение щелевого затвора системы «Контецца-Неттель»

Приготовление: 1) выньте из футляра аппарат; 2) откройте его.

Выполнение работы.

1. Выньте из аппарата рамку с матовым стеклом.

2. Установите черточку на валик *T* против буквы *Z* (рис. 31). Затем поверните кольцо *K*, охватывающее колесико *A*, так, чтобы черточка на нем также стала против буквы *Z*. Поверните колесико *A* за рычаг, укрепленный на нем, на полный оборот до встречи выступа *L* со штифтом *C* в направлении, указанном стрелкою; этим вы установите шторку на



31. Щелевой затвор системы «Контецца-Неттель»

съемку с выдержкою, т. е. в данном положении щель шторки будет открыта.

3. Нажмите на рычаг *С* и наблюдайте, что происходит со шторкою: она плавно пробежит перед вашими глазами, постепенно закрывая отверстие.

4. Установите черточку валика *T* против цифры 2, а черточку кольца *K* против числа $1/10$. Поверните колесико *A* на полный оборот; этим вы заведете пружину затвора. Поворачивая, наблюдайте за шторкою—вы увидите, что при заводе она проходит перед пластинкою с закрытой щелью.

5. Нажмите на спуск—шторка пробежит перед вами со скоростью $1/10$ сек. Таким образом, устанавливая перед любой цифрой на колесике *A* черточку кольца *K*, вы сможете подобрать нужную вам экспозицию в пределах от $1/10$ до 1.100 сек. Для получения больших скоростей прохождения шторки необходимо черточку валика поставить против цифры *I*, а кольцо *K* устанавливать против цифр от $1/120$ до $1/1200$ сек.

Как видно из изложенного, данный тип щелевого затвора является одним из самых простых по обращению.

§ 5. ПОНЯТИЕ О РЕЗКОСТИ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Как читатель увидит ниже, фотографическое изображение на матовом стекле получается отчетливым, или, как говорят в фотографии, резким при помощи наводки. Точная наводка на резкость достигается практикой; начинающие очень часто получают не совсем резкие изображения при последующей съемке.

Частым ошибкам способствует еще то, что начинающий фотограф не отдает себе отчета в сущности «резкости изображения».

Каждая точка предмета посылает в окружающее ее пространство пучок расходящихся лучей. Часть этих лучей улавливается объективом и отбрасывается на матовое стекло или светочувствительную пластинку уже не в виде расходящегося пучка, а, наоборот, пучка, сходящегося на конус. В этом заключается сущность работы объектива, о которой читатель узнает подробно ниже в параграфах, посвященных оптике.

Эти сходящиеся лучи должны своей вершиной касаться плоскости матового стекла или светочувствительной пластинки.

Точки пересечения с матовым стеклом и будут изображением соответствующих им точек на предмете, а их совокупность дает полное изображение предмета. В этом случае мы получили идеально резкое изображение (рис. 32).

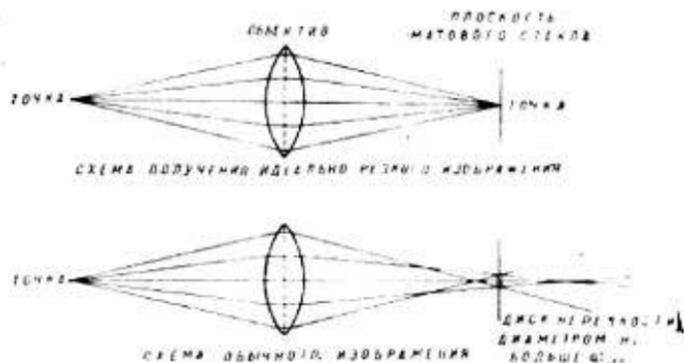
В действительности вследствие несовершенства фотографических объективов лучи, составляющие пучок, не сходятся в одной точке, а следовательно, пересекаясь с плоскостью матового стекла, дадут не точки, а небольшие кружочки. Чем более совершенной конструкции будет объектив, тем меньше будут размеры кружочков.

Таким образом фотографическое изображение рисуется объективом не точками, а очень небольшими кружочками, так называемыми «дисками нерезкости».

Несовершенство нашего зрения позволяет замечать диски нерезкости до известного предела. Если диаметр (ширина) дисков нерезкости

равен или меньше 0,1 мм, то такое изображение воспринимается невооруженным глазом, как резкое. Это происходит потому, что при указанном размере диск нерезкости воспринимается нашим глазом на расстоянии 25 см так называемого лучшего зрения не в виде кружочка, а в виде точки.

Значит при наводке необходимо стремиться навести матовое стекло на изображение так, чтобы диски нерезкости были меньше 0,1 мм, в противном случае мы получим изображение нерезким — расплывчатым. При наводке рассматривать изображение необходимо на расстоя-



32. Схема получения резкого изображения.

нии наилучшего зрения — 25 см (это относится к лицам с нормальным зрением; для близоруких это расстояние соответственно уменьшается, для дальнозорких — увеличивается).

Работа 8. Получение изображения на матовом стекле

Приготовьте: 1) аппарат; 2) штатив; 3) кусок плотной черной материи, около одного метра длины (лучше всего пользоваться так называемой «чортовой кожей»); 4) миллиметровую линейку; 5) выберите место, где вам не смогли бы помешать. Необходимо, чтобы поблизости от него находился крупный предмет, например дом.

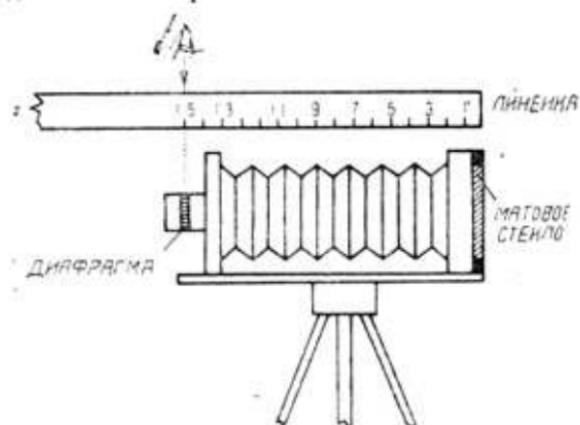
Выполнение работы.

1. Установите аппарат в метрах трех от выбранного предмета.

2. Поставьте раствор на *Z* или *T* и откройте его. Установите наибольшее отверстие диафрагмы. Набросьте осторожно на аппарат покрывало и просуньте под него голову. Прижмите рукою материю плотно вокруг лица. Посмотрите на матовое стекло (смотреть надо с расстояния 25 см для лиц, обладающих нормальным зрением). В большинстве случаев увидите совершенно расплывшееся бесформенное изображение. Начните кремальерою (или в клапп-камере червячной оправой объектива) продвигать матовое стекло к объективной части аппарата. Если изображение не становится резче, то начните удалять матовое стекло от объектива (или объектив от матового стекла в клапп-камере). Скоро вы заметите, что изображение выбранного предмета станет постепенно принимать более определенные формы, пока наконец при одном положении матового стекла не получится совершенно отчетливое перевернутое изображение.

Убедиться в должной резкости изображения лучше всего, наблюдая за какой-нибудь отдельной деталью предмета, расположенной в центре матового стекла. Когда эта деталь получится резкой, то проверьте резкость изображения по всему полю матового стекла. Попробуйте продвинуть матовое стекло дальше или ближе к объективу—изображение начнет снова постепенно расплываться.

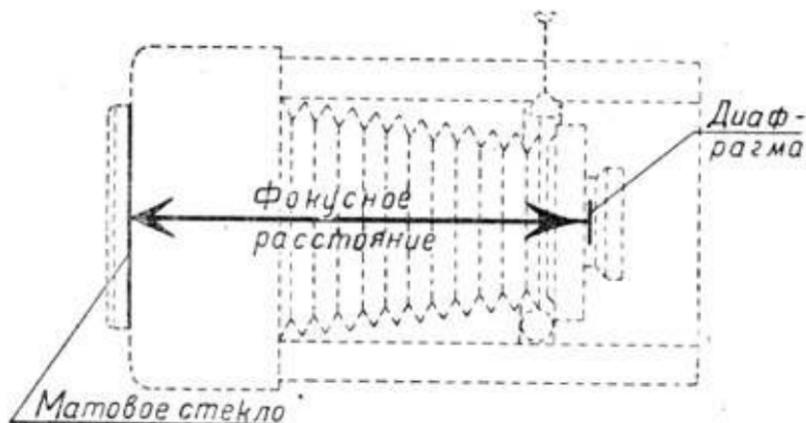
Таким образом, можно установить, что объектив при данном расстоянии от предмета дает на матовом стекле резкое изображение только при одном определенном расстоянии от матового стекла.



33. Один из способов определения главного фокусного расстояния.

описанный опыт и запишите результат.

Измерение покажет, что расстояние между объективом и матовым стеклом уменьшилось.



34. Схема определения главного фокусного расстояния.

5. Наконец станьте к предмету ближе, чем в первый раз, и опять получите на стекле резкое изображение. Запишите результаты измерения. На этот раз расстояние между объективом и матовым стеклом увеличится.

Эти опыты приводят нас к следующему выводу:

Чем ближе от объектива находится предмет, тем дальше нужно отодвигать матовое стекло от объектива, чтобы получить резкое изображение, и наоборот, чем дальше от объектива находится предмет тем ближе необходимо придвинуть к объективу матовое стекло для получения резкого изображения. § 16. Прделав описанное, наведите аппарат резко на отдаленный предмет, находящийся от вас не ближе 150—200 м. Сделав это, вы поставите камеру на «бесконечность». Измерьте линейкою расстояние между матовым стеклом и диафрагмой. Запишите результат.

Отойдите метров на 15 дальше и снова наведите аппарат на тот же предмет. Измерьте расстояние. Запишите результат. Еще раз отойдите метров на 50 (если возможно) и проделайте все снова.

В результате все три отсчета расстояний между диафрагмой объектива и матовым стеклом будут одинаковы.

Запомните: неизменяющееся расстояние, получаемое при наводке на отдаленный предмет, называется главным фокусным расстоянием объектива. Оно обозначается латинской буквою F или русской Φ .

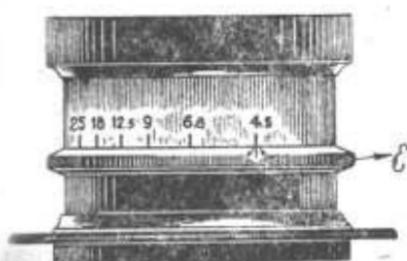
Главное фокусное расстояние всегда указывается в сантиметрах на оправе объектива, например: $F = 13,5$ см.

Сверьте определенное вами главное фокусное расстояние с указанным на объективе. В случае большого расхождения проделайте этот опыт более тщательно.

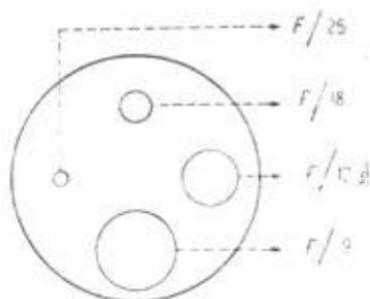
Дальнейшие указания, как наводить аппарат, вы получите из работ по съемке.

Работа 9. Ознакомление с назначением диафрагмы

Приготовление: то же, что и для предыдущей работы.



35. Ирисовая диафрагма, вмонтированная в нормальную оправу.



36. Схема зависимости между номером диафрагмы и величиной отверстия.

Выполнение работы.

1. Установите аппарат против какого-либо предмета, легко перемещаемого.
2. Поставьте затвор на Z или T и откройте его.
3. Выньте матовое стекло.
4. Если у вас: а) ирисовая диафрагма в центральном затворе, то начните передвигать рычажок g (рис. 30);

б) ирисовая диафрагма смонтирована с нормальной оправой объектива (рис. 35), то начните вращать наружное кольцо *E*;

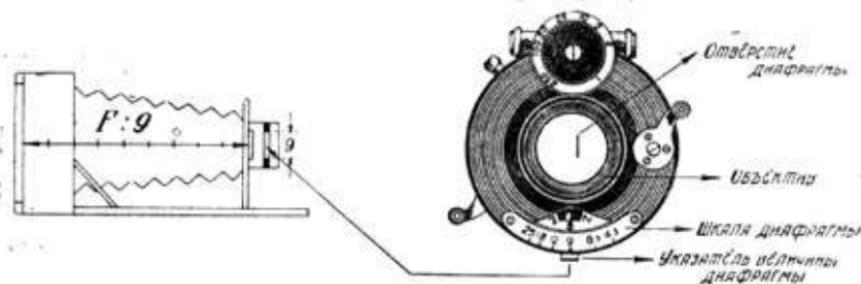
в) вращающаяся „револьверная“ диафрагма, то устанавливайте последовательно отверстия, начиная с самого большого;

г) набор вставных диафрагм, то вставляйте пластинки, начиная с наибольшего отверстия.

Во всех случаях наблюдайте за изменением величины отверстия объектива и за отметками на оправе против черточки или перед отверстиями вращающейся и вставной диафрагмы. Вы скоро установите, что чем больше номер, тем меньше ее отверстие.

Для вставных и револьверных диафрагм это наглядно показано на рис. 36.

В современных объективах цифры: 4,5; 6,3; 9; 12; 16; 25 и т. д. показывают, сколько раз диаметр каждой данной диафрагмы укладывается в главном фокусном расстоянии объектива. Это отношение обозначают несколькими способами, например: $F/12$, где F —главное



37. Схема светосилы объектива.

фокусное расстояние, а 12 — число, указывающее, сколько раз данная диафрагма уложилась в главном фокусном расстоянии. В русской транскрипции: $F/12$. Вместо черточки иногда ставят двоеточие (знак деления) — $F':12$ или $\Phi:12$. Часто заменяют букву Φ единицей, например: $1:12$, $1:4,5$ и т. д.

Рис. 37 хорошо иллюстрирует изложенное.

Отношение диаметра незадиафрагмированного объектива к фокусному расстоянию этого же объектива (здесь в качестве диафрагмы можно условно считать оправу объектива) выражается наибольшей дробью (дробь $1:9$ больше $1:18$). Это отношение всегда указывается на оправе объектива и оно выражает так называемую светосилу объектива.

5. Измерьте миллиметровой линейкою диаметр вашего объектива и разделите на него ранее определенное главное фокусное расстояние. Частное от деления укажет на светосилу вашего объектива. Например при $F=45$ см и диаметре объектива 10 см в результате деления определяем, что диаметр укладывается в фокусном расстоянии $4\frac{1}{2}$ раза ($4,5$ — в десятичных дробях). Это отношение согласно вышесказанному выражаем условно так: $F/4,5$ или $1:4,5$. Светосила данного объектива будет $1:4,5$ или как принято сокращенно произносить, — „четыре и пять“.

Сверьте определенную вами светосилу с написанной на оправе объектива.

6. Вставьте матовое стекло и при наибольшем отверстии диафрагмы установите на резкость.

Начните последовательно менять размер диафрагмы или, как говорят, диафрагмировать. Наблюдайте за изменением изображения на матовом стекле. Вы заметите, что величина изображения предмета на матовом стекле остается неизменной, но яркость изображения с уменьшением диаметра диафрагмы будет все уменьшаться. И когда вы поставите самую маленькую диафрагму, изображение предмета будет столь темным, что вы едва сможете рассмотреть его.

Эта зависимость между яркостью изображения и величиною диафрагмы объясняется тем, что через большее отверстие проходит света больше, чем через меньшее.

Таким образом проделанными опытами мы убедились в роли диафрагмы на степень яркости изображения на матовом стекле.

Необходимо запомнить еще следующее: под выражениями «маленькая диафрагма», «большая диафрагма», вошедшими в обиход фотографов, подразумеваются не цифры, обозначенные на оправе объектива или на затворе, а фактические величины отверстий диафрагмы. Так например диафрагма «6,3» больше диафрагмы «18», хотя число 18 больше числа 6,3.

7. Поставьте снова самую большую диафрагму. Проверьте резкость наводки. Затем отодвиньте слегка предмет. Посмотрите на матовое стекло; вы заметите небольшую нерезкость. Начните постепенно диафрагмировать объектив, наблюдая за изображением на матовом стекле. Вы заметите, что с уменьшением диафрагмы резкость изображения увеличивается (нельзя путать в этом случае «резкость» с «яркостью» изображения; разумеется, с уменьшением яркости труднее наблюдать за резкостью наводки).

Отодвиньте еще дальше предмет и снова проделайте вышеуказанное. Для достижения резкости в этом случае вам пришлось еще больше уменьшить диафрагму.

Придвиньте предмет к аппарату ближе, чем он находился в первый раз, и посмотрите на матовое стекло при полном отверстии диафрагмы. Изображение станет снова немного нерезким. Задиафрагмируйте—резкость увеличится.

Отсюда можно сделать следующий вывод: диафрагмирование позволяет увеличивать резкость изображения.

Примечание. Разумеется, все сказанное относится к небольшой нерезкости. Нерезкость, при которой изображение будет казаться сильно расплывчатым, никаким диафрагмированием не сделать достаточно резким. В данном случае необходимо бывает точнее установить на резкость.

8. Если ваш аппарат снабжен апланатом, то вы при выполнении этой работы сразу заметите, что при полном отверстии объектив не дает достаточной резкости изображения по краям матового стекла.

Если же указанное ускользнуло от вашего внимания, то постарайтесь установить это внимательным исследованием изображения, рисуемого объективом на матовом стекле. Для сравнения берите центральную часть изображения, где оно бывает при правильной наводке всегда достаточно резким.

Когда вы установите, что к краям изображение действительно несколько расплывчато, то начните последовательно менять диамет-

ры диафрагм. Вы скоро заметите, что с уменьшением диаметра диафрагмы увеличивается резкость изображения.

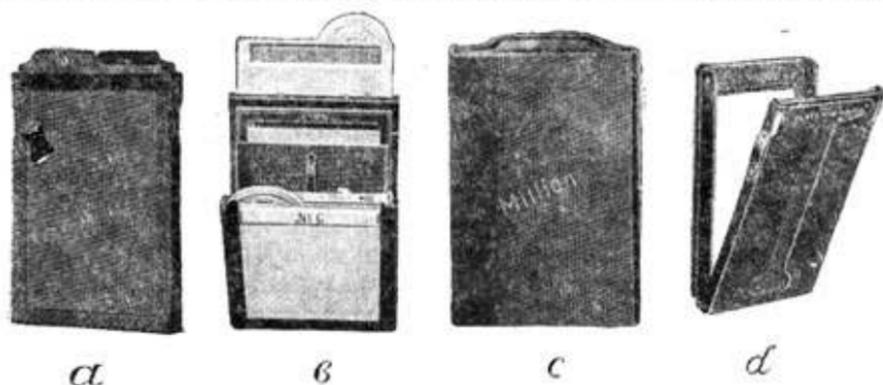
Отсюда можно сделать вывод: диафрагмирование апланата позволяет еще увеличить резкость изображения на краях матового стекла, а следовательно и светочувствительной пластинки.

В дальнейшем в практических работах по съемке, будут разобраны еще другие назначения диафрагмы.

§ 6. КАСЕТЫ

Кассеты представляют собой плоский, снабженный задвижкой (крышкой) светонепроницаемый ящик. Назначение их — предохранять фотографическую пластинку от действия света.

Кассеты делаются целиком из дерева или металла. У большинства деревянных кассет и крышки делаются деревянными, но встречаются кассеты и с металлическими, эбонитовыми и фибровыми задвижками



38. Различные типы кассет: *a*—двойная; *b*—альбомная; *c*—ординарная и *d*—адантор.

Кассеты вставляются на место матового стекла, которое или вынимается со всею рамкою прочь, или откидывается на петлях в сторону. Есть аппараты, у которых матовое стекло отодвигается от задней рамки и в промежутке между ними вставляется кассета.

Кассеты рассчитаны так, что пластинка всегда становится на место матового стекла, в противном случае изображение на пластинке никогда не получилось бы резким. Различные типы кассет даны на рис. 38.

Железные кассеты бывают всегда одинарными, т. е. вмещающими одну пластинку, а деревянные преимущественно двойными — на две пластинки.

Деревянные кассеты делятся на два типа:

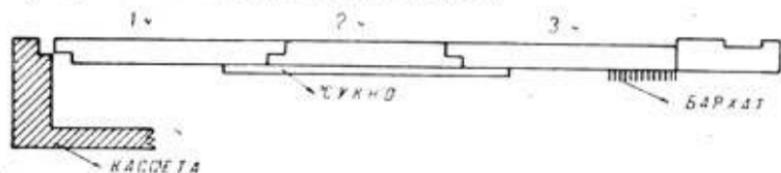
А. Раскрывающиеся, так называемые альбомные кассеты, которые раскрываются на две половинки на подобие книги или альбома.

Б. Нераскрывающиеся, представляющие собой плоские ящики, но с различным устройством задвижки (крышки), по типу которых они делятся на:

1. Кассеты с жесткой задвижкой, которая может совсем выниматься из кассеты. Такие кассеты большей частью имеют задвижку из металла, фибры или эбонита.

2. Полушторные; эти кассеты имеют невнимающиеся совсем деревянные крышки. Чтобы вытасненная задвижка не мешала при съемке, она может перегибаться и прижиматься к аппарату. Для этого задвижка, или, как ее называют, шторка, делается не из цельного куска, а из трех частей, подклеенных на материю (сукно). Такая шторка представлена на рисунке 39, представляющем продольный разрез задвижки.

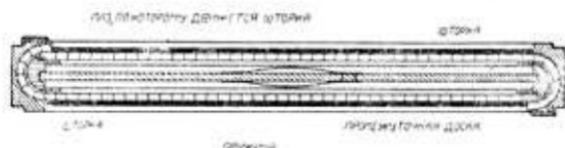
Встречаются полушторные кассеты, у которых место сгиба задвижки устроено на металлических петлях.



39. Продольный разрез задвижки кассеты.

3. Шторные, у которых задвижка состоит из большого числа узеньких планочек, подклеенных на материю, вследствие чего они могут легко сгибаться. У таких кассет задвижка не вытягивается, а перегибается спереди назад, для чего в концах кассеты устроены полукруглые пазы. Продольный разрез шторной кассеты представлен на рис. 40.

Кроме указанных кассет имеются еще магазинные кассеты на 6 и 12 пластинок. Они имеются обычно у небольшого размера камер.



40. Продольный разрез шторной кассеты.

Для плоских пленок, так называемых фильмапов, имеются специальные кассеты — аданторы. Фильмап представляет собою светонепроницаемую тонкостенную плоскую коробку из черной жести или картона и содержит 12 плоских пленок.

У нас кассеты вырабатываются тремя организациями: „ВООМП“, „Эфтэ“ и „Украинфильм“. Отдельно в продажу ВООМП кассеты не выпускает. Кассеты Эфтэ качеством значительно уступают кассетам, выпускаемым Украинфильмом.

Работа 10. Зарядка кассет и укрепление их в аппарате

Приготовьте: выньте из футляра аппарат, кассеты и одну или несколько пластинок (чтобы не портить пластинок, их можно заменить старыми негативами).

Выполнение работы.

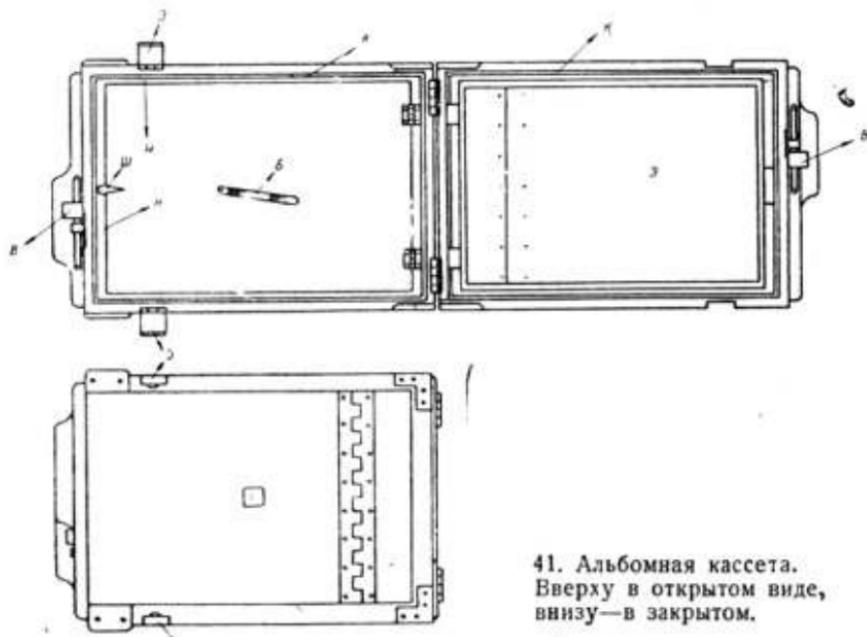
1. Определите, сообразуясь с вышеизложенным, какой тип кассеты имеется у вас.

Зарядка альбомных кассет.

2. Если кассеты альбомные, то откиньте застёжки *EE* и раскройте кассету, как книгу (рис. 41). Левая половина ее представляет

открытый ящик, дном которого служит задвижка кассеты. На некоторой высоте от задвижки сделаны пазы, на которые и уложите пластинку эмульсией к задвижке. Так как все это должно при начальном обучении происходить на свету, то отличить эмульсионную сторону пластинки легко; она матовая, в то время как задняя сторона ее гладкая.

3. Уложив в левую часть кассеты пластинку, поверните запор в виде маленькой пластиночки *Ш* так, чтобы можно было поднять крышку *З*. Под ней находится точно такой же ящик, как и в левой части кассеты. Положите на пазы пластинку опять эмульсией к шторке и, опустив пластинку *З*, закрепите ее запором *Ш*. В правой части кассеты пластинка будет закреплена неподвижно. Затем, поворачивая правую часть кассеты (не левую, так как незакрепленная пластинка упадет), наложите ее на левую. Для большей светонепроницаемости в кассете устроены выступы *К*, которые при наклаывании войдут



41. Альбомная кассета.
Вверху в открытом виде,
внизу—в закрытом.

в пазы *К*. Когда правая часть кассеты будет совмещена с левой, защелкните застёжки *Е*.

Этим вы зарядите пластинкам и кассету.

4. Зарядив кассеты, нажимая на пружинку *В*, откройте шторку и посмотрите, как лежат в кассете пластинки, эмульсия которых при правильном положении должна быть обращена к вам.

5. Вставьте в аппарат кассету. Это достигается столь различными способами, что дать описание не представляется возможным. Но они все настолько просты, что вы, читатель, имея аппарат, всегда сообразите, как вам поступить.

Зарядка кассет с жесткой полушторной и шторной задвижкой.

1. Зарядка всех этих трех типов кассет производится почти одинаково. Если кассета у вас с жесткой шторкой, то выньте ее совсем при полушторной задвижке выдвиньте ее доотказа и перегните для

удобства зарядки под кассету. В шторной кассете переведите шторку на другую сторону кассеты. Во всех случаях этим действием вы откроете кассету.

2. Положите на пазы ящика пластинку и найдите закрепительные приспособления для пластинки и укрепите ее ими (рис. 42). Задвиньте шторку.

Этим вы зарядите кассету.

При двойных кассетах подобным же образом зарядите другую часть ее.

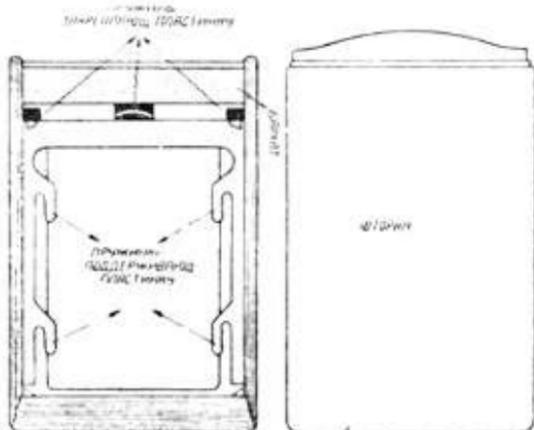
3. Вставьте в аппарат кассету.

§ 7. ВИДОИСКАТЕЛИ

Все современные аппараты (кроме дорожных) имеют видоискатели, позволяющие производить выбор кадра без наводки по матовому стеклу. Наиболее употребительными являются:

1) ватсоновские видоискатели, 2) „Бриллиант“, 3) ньютоновские, и 4) иконометр.

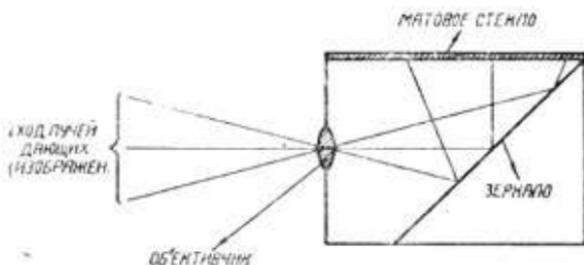
1. Ватсоновские видоискатели представляют собой маленькую камеру с короткофокусным объективом. Лучи, выходящие из этого объектива, падают на зеркало, наклоненное к оптической оси объектива под углом 45° . Последнее отбрасывает лучи на матовое



42. Металлическая ordinaria кассета.

стекло, на котором получается перевернутое изображение (рис. 43).

Недостатком видоискателя является незначительная яркость изображения.

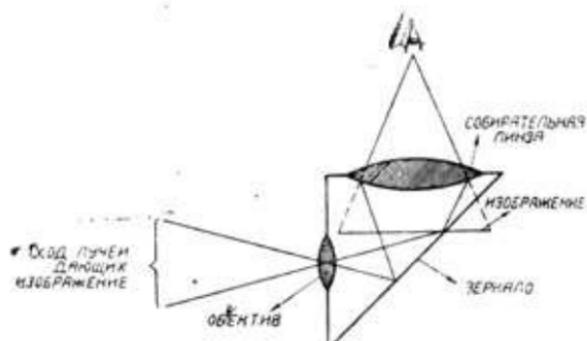


43. Схема ватсоновского видоискателя.

искателя была параллельной оптической оси камеры.

2. Видоискатель „Бриллиант“ представляет собою видоизмененный видоискатель Ватсона, заключающееся в том, что вместо матового стекла помещена собирающая линза. Таким образом получается светосильное изображение, более легко наблюдаемое, чем в видоискателе Ватсона.

В настоящее время ватсоновские видоискатели ставятся на ящичных камерах. В этом случае камера имеет два видоискателя: один для вертикального кадра, другой для горизонтального. Они должны быть расположены так, чтобы оптическая ось объектива видоискателя была параллельной оптической оси камеры.



44. Схема хода лучей в видоискателе „Бриллиант“.

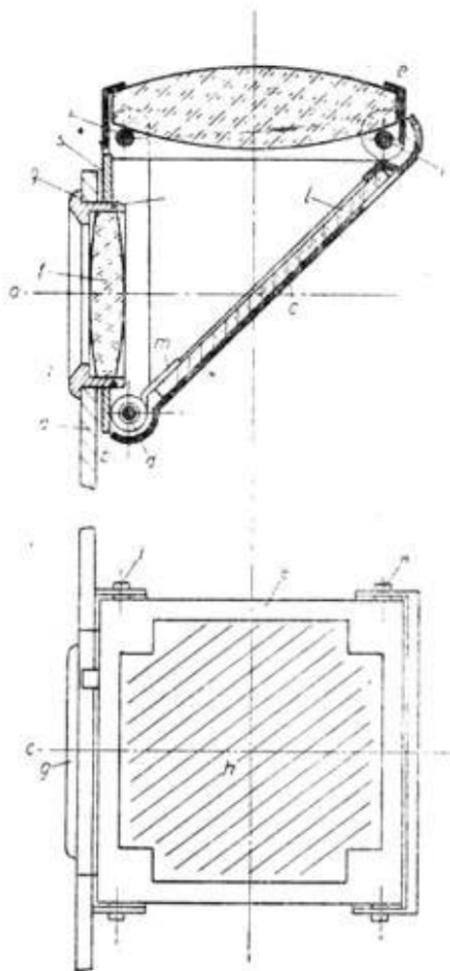
Расчет величины изображения, даваемого видоискателем, производится очень просто. Для этой цели надо величину наилучшего зрения (25 см) разделить на фокусное расстояние объектива видоискателя. Предположим, что оно равно 3,5 см. Тогда мы будем иметь семикратное уменьшение ($25:3,5=7,1$).

Поэтому в настоящее время к видоискателю приспособили добавочную лупу, которая может давать пятикратное увеличение изображения в видоискателе.

Ход лучей в видоискателе представлен на рис. 44.

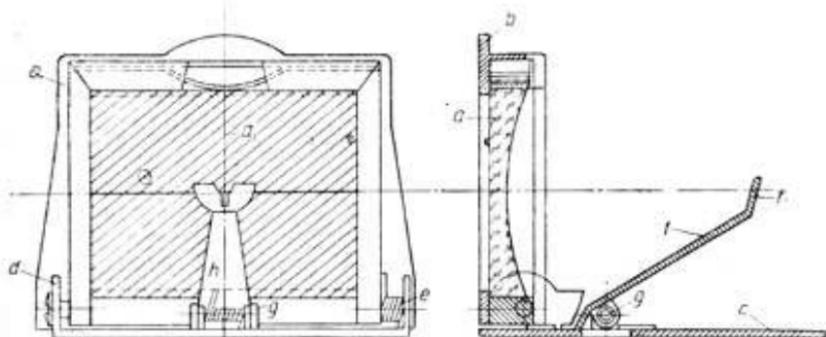
На рис. 45 представлен чертеж современного видоискателя „Бриллиант“.

3. Видоискатель Ньютона (рис. 46). Главнейшей его частью является рассеивающая линза, делающаяся с одной стороны плоской, с другой—вогнутой. Линза заключается в оправу, стороны ко-



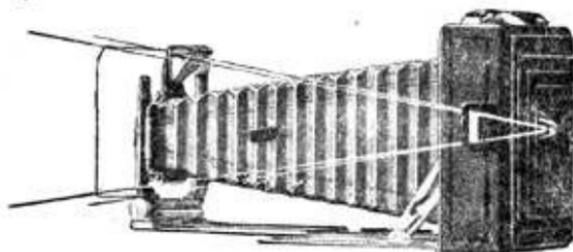
45. Схема устройства видоискателя „Бриллиант“: *a*—часть объективной дощечки, на которой укрепляется видоискатель. *b*—передняя стенка видоискателя, в которой укреплена в оправе *g* двояковыпуклая линза *f*; *d*, *i*—шарниры, вокруг которых вращается линза *h* и зеркало—*c*—при складывании видоискателя, *k*—линза, на которую отбрасывается изображение зеркалом *c*; *e*—рамка, соответствующая формату пластинки.

торой относятся друг к другу, как стороны фотопластины. Величина линзы зависит от размера аппарата. На ней обычно нанесены две пересекающиеся линии. Для правильного наблюдения видоискатель снабжен диоптром—небольшим отверстием на рычажке.



46. Схема ньютоновского видоискателя: *a*—рассеивающая линза с нанесенными на нее двумя взаимоперпендикулярным линиями (α_1); *b*—оправа линзы; *c*—основание, которым прикрепляется видоискатель к камере; *d*—подставка, к которой на шарнире (*e*) прикреплена оправа линзы; *f*—диоптр с вырезом *f*, прикрепленный посредством шарнира *g* к основанию видоискателя, *h*—пружинка.

4. Иконометр (рис. 47). Он состоит из двух рамок, одной по величине равной величине пластинки, другой значительно [меньшего] размера. Последняя часто заменяется диоптром. Этот тип видоиска-



47. Видоискатель иконометр.



48. Уровни.

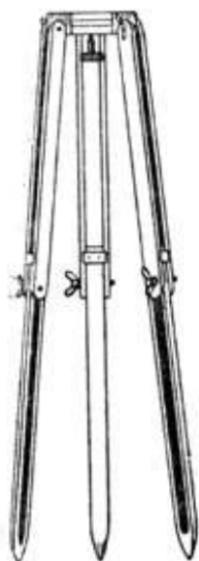
теля является наиболее удобным, так как наблюдаемое в нем изображение соответствует величине пластинки, что облегчает выбор кадра.

§ 8. УРОВНИ И ШТАТИВЫ

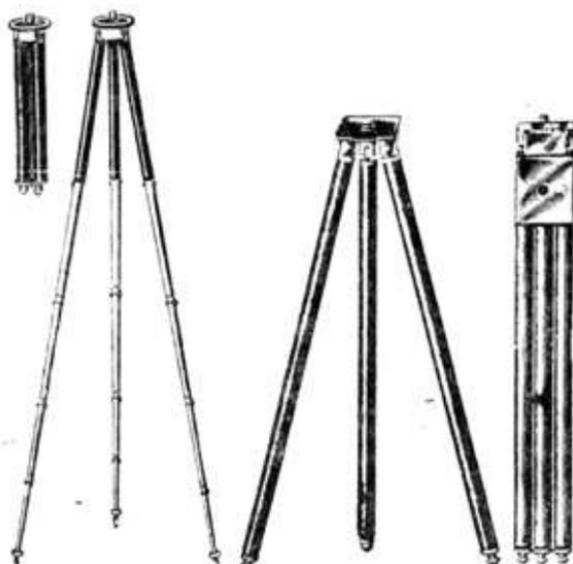
Уровни придаются аппаратам для точности горизонтальной установки. Уровни бывают круглые или в виде трубки (рис. 48). В тех и других пузырек воздуха, плавающий на жидкости, показывает горизонтальность установки. В первом случае пузырек должен находиться в центре окружности, во втором—на среднем делении трубки. Уровни прикрепляются к задней или передней рамке аппарата. Иногда они укрепляются возле видоискателя.

Штативы служат для установки фотоаппарата в том случае, если съемку нельзя сделать с рук. Они бывают деревянные и металлические. Штативы состоят из трех ножек, прикрепленных к круглой или многоугольной головке (рис. 49). В середину головки вставляется становой винт, которым прикрепляется аппарат к штативу.

Ножки делаются складными, что позволяет устанавливать штатив даже на неровной поверхности. Наиболее компактными являются металлические штативы, но их недостаток—малая устойчивость (рис. 50).



49. Штатив деревянный.



50. Штатив металлический.

На этом и заканчиваем краткий перечень основных типов фотоаппаратов и их составных частей.

9. ВЫБОР ФОТОГРАФИЧЕСКОГО АППАРАТА

Выбор камер должен зависеть исключительно от намеченных задач. Мы считаем, что этот вопрос можно рассматривать с двух сторон, а именно:

- 1) какая камера наиболее рациональна для индивидуального пользования.
- 2) какие камеры должны быть в учебном заведении или фотокружке для коллективных выполнений заданий.

Как читателю известно, имеются следующие основные типы камер:

- 1) камеры штативные (дорожные),
- 2) камеры ручные с основной откидной доской,
- 3) клапп-камеры,
- 4) зеркальные камеры.

Камеры штативные, отличаясь солидностью конструкции, большим размером и весом, пригодны для особо точных работ, в которых элемент скорости не стоит на первом месте. Эти камеры пригодны для всевозможных съемок с научной целью, репродукционных работ, портретных съемок и т. д. Обычно они бывают снабжены первоклассной оптикой и имеют двойное, а иногда и тройное растяжение. Цена их весьма высока. Конструкция таких камер не позволяет пользоваться ими для быстрых фоторепортажных съемок. Отсюда ясно, что штативная камера непригодна для повседневной работы фотолюбителя.

Другое дело, если штативная камера будет находиться в коллективном пользовании фотокружка. Здесь она необходима и здесь для нее всегда найдется работа, особенно, если фотокружок участвует в выпуске многотиражных стенгазет, когда приходится делать большое количество репродукций для клише, для фотомонтажа и т. д.

Камеры ручные с откидной основной доской (так называемые «универсальные») получили наибольшее распространение среди фотолюбителей. Этому способствует: 1) сравнительная дешевизна, 2) большая компактность и небольшой вес, 3) пригодность для съемки со штатива и с рук.

Если камера снабжена двойным растяжением, то применение ее еще более расширяется, так как ею возможно производить и репродукционные работы,

Камеры с одинарным растяжением лучше всего не приобретать, так как поле действия их очень сужено.

Большое значение имеет также выбор размера. Мы считаем, что в наших условиях наиболее целесообразным является размер 9×12 см. Такого формата камеры невелики, легки, портативны, а главное, снимки, даваемые ими, достаточно велики и не требуют в большинстве случаев увеличения.

BOOMP выпускает фотоаппараты именно такого размера.

В имеющихся размерах укажем еще на $6,5 \times 9$ см и $4,5 \times 6$ см. Первый формат является как бы переходным от нормальных камер к миниатюрным. Он все же позволяет и довольно часто обходиться без увеличения снимков. Формат же $4,5 \times 6$ см и меньше всегда требует увеличения снимков, что связано с известными неудобствами. К достоинствам же его относится короткое фокусное расстояние, позволяющее производить весьма часто съемки с установкой на бесконечность; кроме того такое фокусное расстояние позволяет получать фотографии при съемке полным отверстием объектива резкими от первого до последнего плана. С камерами большого формата, а следовательно с большим фокусным расстоянием достигнуть этого невозможно.

Наконец такие камеры удобны тем, что всегда могут находиться при фотолюбителе.

К недостаткам камер этого типа относится довольно значительное время, потребное на подготовку к съемке, что ограничивает их употребление для фоторепортажных и спортивных съемок.

Поэтому фотолюбителю, желающему серьезно заняться фоторепортажем, необходимо обзавестись клапп-камерой. Эти аппараты вследствие своей конструкции чрезвычайно легко раскрываются и быстро подготавливаются к съемке. Наводка на фокус у них производится обычно вращением объектива в оправе с червячным ходом.

Клапп-камеры лучше всего выбирать со щелевым затвором, так как центральный затвор при съемке быстро движущихся объектов не позволяет взять нужную экспозицию.

У фотокружка должна быть хотя бы одна клапп-камера, иначе будут часто встречаться затруднения при съемках по заданиям стенгазет.

Наконец остановимся на зеркалке. Этот тип аппарата почему-то пользуется наибольшим уважением у начинающих фотографов. Зеркалка представляется им идеалом фотографического аппарата.

Посмотрим, так ли это.

Начнем с достоинств. Как читателю известно, при пользовании зеркалкой можно наблюдать за натурой по матовому стеклу до момента спуска затвора. В этом значительное преимущество зеркалки, ибо всегда можно выбрать наиболее лучшие положения снимаемого объекта. Но этим и ограничиваются достоинства зеркалки.

К недостаткам надо отнести: громоздкость, большой вес (до 4 кг) и дороговизну.

Правда, сейчас имеются складные модели зеркалок, но они очень капризны и требуют тщательного ухода. К следующему недостатку относится низкая точка съемки, которая создает так называемую „лягушачью перспективу“. При съемке, чтобы следить за изобретением по матовому стеклу, приходится держать аппарат низко, в результате чего некоторые сюжеты могут выйти неудачно. Таким образом зеркалка как фотолюбителю, так и кружку не нужна, потому что для обычных съемок вполне пригодна универсальная камера, а фоторепортажные и спортивные съемки удобнее делать клапп-камерой.

Объектив. При выборе камеры надо не забывать, что размер ее находится в тесной зависимости от фокусного расстояния. Чем больше последний, тем большие размеры имеет камера.

Величина фокусного расстояния имеет чрезвычайно существенное влияние на съемку, а именно: чем больше фокусное расстояние, тем объектив обладает меньшей глубиной изображения и тем дальше начинается резкость переднего плана. При съемках с рук, когда нельзя бывает воспользоваться матовым стеклом, приходится прибегать к метражной шкале, что при недостаточном навыке в оценке расстояний приводит часто к нерезким снимкам. Объективы же с небольшим фокусным расстоянием, давая большую глубину изображения, позволяют еще производить очень часто съемки с установкой на бесконечность, так как резкость изображения у них начинается с расстояния нескольких метров, считая от объектива.

К недостаткам короткофокусных объективов относится то, что изображение получается в мелком масштабе; если же фотографировать предмет с очень близкого расстояния с целью получить более крупное изображение, то приходится считаться с явлениями искажения перспективы. Больше всего эти искажения бросаются в глаза на портретных снимках, почему для этого вида съемки употребляют объективы с большим фокусным расстоянием.

Наконец о светосиле объектива. Для фоторепортажных и спортивных съемок требуется светосила в 1:4,5; для обычных любительских съемок вполне можно ограничиться светосилою 1:6,3 или 1:6,8, так как большинство любителей занимается съемкою преимущественно летом, а значит, во избежание передержек, приходится диафрагмировать объектив по крайней мере до 1:6,8. Таким образом нет никакого смысла в универсальных аппаратах гнаться за высокою светосилою, тем более, что цена аппарата в этом случае сильно возрастет.

Затворы. Для обычных любительских съемок затвор не играет особенно важной роли; почти безразлично, будет ли камера снабжена центральным или шторным затвором. Но в виду простоты обращения лучше иметь аппарат с центральным затвором. Для спортивных съемок, где экспозиция должна быть сведена до минимума при

полном использовании светосилы, щелевой затвор является незаменимым. Существенным недостатком щелевого затвора является невозможность съемок с экспозицией от 1/10 до 1 сек. и отказ в действии на холоду, достоинством—более равномерное освещение пластинки, чем это имеет место в центральных затворах.

Видоискатели. Ватсоновские видоискатели дают миниатюрное изображение, по которому очень трудно судить о хорошем расположении снимаемого сюжета. Это их первый недостаток; второй—тот, что для наблюдения в них аппарат приходится держать на высоте пояса, вследствие чего, помимо лягушачьей перспективы, получается на снимке еще много лишнего пространства.

Ньютоновский видоискатель более удобен в пользовании, хотя он и дает очень уменьшенное изображение.

Самым же идеальным видоискателем является иконометр. Во первых, по своим размерам он в точности соответствует величине пластинки, что позволяет получать наиболее верное представление о расположении кадра; во-вторых, при пользовании им аппарат приходится держать на уровне глаз, что дает снимки с перспективой, более привычной глазу.

ВОПРОСНИК

Проработав главу о фотографическом аппарате, постарайтесь дать себе ясные ответы на следующие вопросы:

1. В чем заключается сущность фотографии?
2. На какие основные типы делятся фотографические аппараты?
3. Какие оправы имеются у фотообъективов?
4. Назовите основные правила обращения с объективом.
5. Назовите основные типы затворов.
6. Перечислите правила обращения и установки на экспозицию центральных затворов.
7. Что такое резкость изображения?
8. Какова зависимость между удалением и растяжением камеры?
9. Что такое главное фокусное расстояние?
10. Для чего у объектива имеется диафрагма?
11. Что выражает светосила объектива?
12. Перечислите преимущества и недостатки различных типов видоискателей.
13. Когда надо употреблять шторный затвор?
14. Когда тип камеры наиболее пригоден для фоторепортажа?

ЛИТЕРАТУРА

1. **НЕБЛИТ**, **Общий курс фотографии**, книга 1, изд. „Огонек“ 1930 г., стр. 113—128.
2. **ПЕШЛЬ**, **Введение в фотографию**, изд. Научно-химико-техн. изд. Ленинград 1929 г., стр. 73—104.
В книге фотографические камеры и принадлежности к ним изложены описательно.
3. **АНГЛИШ**, **Основа фотографии**, изд. ГИИ 1931, стр. 126—148.
В книге изложены фотокамеры описательно.
4. **А. МЕЛЬНИКОВ**, **О фотографических затворах**, **Фотоальманах** 1932 г., изд. „Огонек“.
В статье изложена теория различных систем фотографических затворов.
5. **K. Pritschow**, **Die Photographische Kamera und ihr Zubehor**, изд. f. Springer, 1931. Эта книга является II т. Handbuch der Wissenschaftlichen und angewandten Photographie von Al. Nau. s. 572, 437 рю.
В книге исчерпывающе изложена теория фотографических камер и расчеты их деталей. Кроме того дано описание почти всех наиболее выдающихся фотоаппаратов, выпущенных различными фирмами в Германии.
6. **А. СУВОРОВ**, **Ремонт и регулировка затвора Компур**, „Пролетарское фото“ № 4, 1932 г.*

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

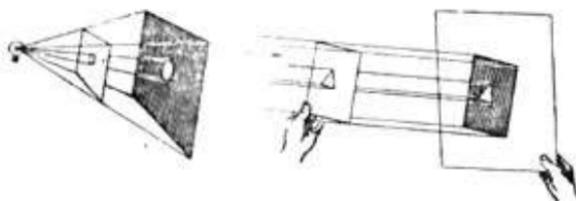
ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ОПТИКА

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

§ 1. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА. ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА. ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА. ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

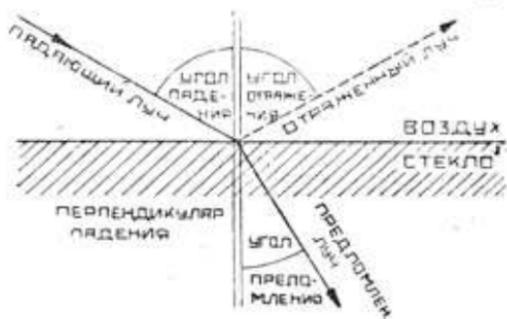
В однородной среде свет распространяется прямолинейно. Справедливость этого положения вытекает из того простого факта, что, желая защитить глаз от света, исходящего из какого-либо источника, мы помещаем непрозрачный предмет на прямой, соединяющей источник света и глаз. Примеры простейших опытов, доказывающих прямолинейность распространения света, приведены на рисунке 51.



51. Опыты, доказывающие прямолинейность распространения света.

ражение света и преломление света. Оба эти явления представлены на рисунке 52; в качестве первой среды взят воздух, в качестве второй — стекло.

Напомним, что углом падения называется угол, составленный падающим лучом и перпендикуляром падения, т. е. перпендикуляром к плоскости, на которую падает луч, восстановленным из точки падения. Углом отражения называется угол, составленный отраженным лучом и перпендикуляром падения.



52. Схема, поясняющая явления преломления и отражения света.

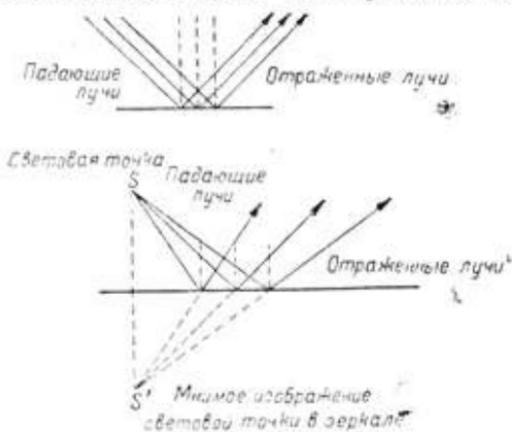
Закон отражения света состоит в следующем.

1. Падающий и отраженный лучи находятся в одной плоскости с перпендикуляром падения, и

2: Угол падения равен углу отражения.

Рассмотрение частных случаев применения этого основного закона не входит в нашу задачу. Остановимся только на отражении от плоской поверхности.

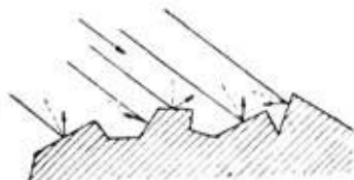
Напомним, что эффект, получающийся при отражении света, зависит от характера поверхности тела. Если последняя—гладкая (зеркальная) то, как известно, глаз наблюдателя может видеть отражения окружающих предметов от такой поверхности. На рисунке 53 представлены случаи отражения от гладкой поверхности параллельного пучка световых лучей и расходящегося.



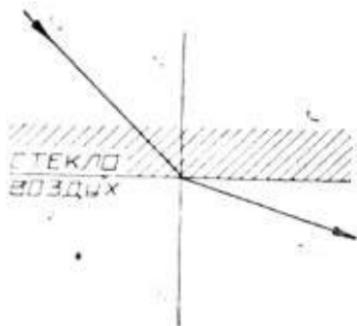
53. Отражение лучей от гладкой поверхности.

Если поверхность тела шероховатая, то явление отражения света дает иной эффект. Шероховатая поверхность состоит из отдельных маленьких участков, из которых каждый можно считать гладкой поверхностью. Это представлено на рисунке 54, из которого видно, что лучи, падающие на матовую поверхность, после отражения пойдут по всевозможным направлениям. Получается так называемый рассеянный, или диффузный свет.

Несколько более подробно рассмотрим явление преломления света, представленное на рисунке 52, очень важное для понимания фотографической оптики.



54. Отражение лучей от шероховатой поверхности.



55. Преломление луча при переходе из среды более плотной в менее плотную.

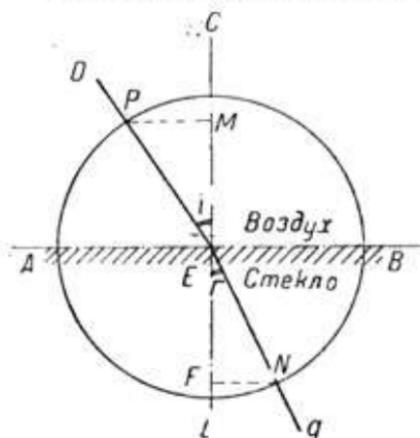
На рассматриваемом рисунке приведен случай, когда световой луч проходит из воздуха в стекло. Мы видим, что преломленный луч образует с перпендикуляром падения меньший угол, чем луч падающий, т.е. угол преломления меньше угла падения. При преломлении света вообще может иметь место один из следующих двух случаев.

1. Когда свет проходит из среды менее плотной в более плотную, например из воздуха в воду, из воздуха в стекло и т. п., то угол преломления меньше угла падения: преломленный световой луч приближается к перпендикуляру падения (рис. 52).

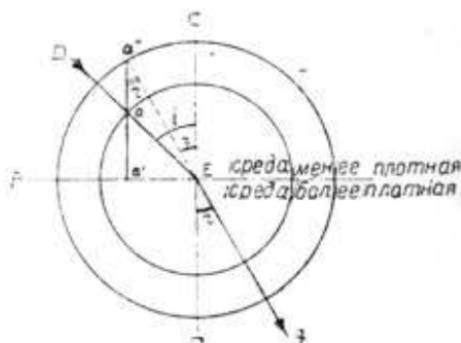
2. Когда световой луч проходит из среды более плотной в менее плотную, то угол преломления больше угла падения, т. е. световой луч отдаляется от перпендикуляра падения (рис. 55).

Если на пути светового луча, вошедшего из воздуха в воду, поставить зеркало перпендикулярно направлению луча, то последний отразится и пойдет в обратном направлении; после своего преломления, как показывает опыт, луч пойдет по пути прежнего падающего луча. Таким образом, переходя из одной среды, например воздуха, в другую, например воду, луч настолько отдаляется от перпендикуляра, насколько он приближается к нему в обратном случае. Это явление называется обратимостью светового пути.

Закон преломления света заключается в следующем:



56. Чертеж, поясняющий определение показателя преломления.



57. Построение преломленного луча.

1. Падающий и преломленный лучи находятся в одной плоскости с перпендикуляром падения.

2. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная.

Эта величина называется коэффициентом, или показателем преломления второй среды относительно первой.

Пусть (рис. 56) DE — падающий луч (идуший в воздухе), EN — преломленный луч (идуший в воде). Проведем из точки E падения луча окружность произвольным радиусом. Эта окружность пересечет падающий и преломляющий лучи соответственно в точках P и N . Опустим из этих точек перпендикуляры на линию CL (перпендикуляр падения) и обозначим основания этих перпендикуляров соответственно через M и F . Тогда, согласно определению, данному выше, показатель преломления будет равен:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{PM}{EN}$$

А так как $PE = EN$, то

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{PM}{NF}$$

Таким образом для определения показателя преломления достаточно измерить величины перпендикуляров PM и NF и взять их отношение.

Если измерить расстояния PM и NF миллиметровой линейкой на чертеже, то можно убедиться, что $PM = 13$ мм, а $NF = 10$ мм. Следовательно показатель преломления воды по отношению к воздуху равен:

$$\frac{PM}{NF} = \frac{13 \text{ мм}}{10 \text{ мм}} = 1,3.$$

Показатель преломления обыкновенного стекла около 1,5.

§ 2. ПОСТРОЕНИЕ ПРЕЛОМЛЕННОГО ЛУЧА

Посмотрим, как можно построить преломленный луч по данному падающему лучу, если известен показатель преломления.

Пусть луч DE (рис. 57), идущий в воздухе, встречает поверхность стекла в точке E . Проведем из точки E две окружности радиусами, отношение которых равно показателю преломления, а именно: $n = 1,5$, т. е. один радиус пусть будет в 1,5 раза больше другого. Падающий луч пересечет меньшую окружность в некоторой точке a . Опустим из этой точки перпендикуляр, который пересечет линию AE в точке a' , а окружность большего радиуса — в точке a'' . Соединив точку a'' с E и продолжив линию $a''E$, получим направление преломленного луча Eg .

Действительно:

$$\sin Eaa' = \frac{a'E}{aE};$$

но угол Eaa' равен углу падения; следовательно

$$\sin i = \frac{a'E}{aE};$$

далее имеем:

$$\sin Ea''a' = \frac{a'E}{a''E};$$

но угол $Ea''a'$ равен углу gEP , т. е. углу преломления r ; следовательно:

$$\sin r = \frac{a'E}{a''E}.$$

Находим теперь показатель преломления n :

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{a'E}{aE} \cdot \frac{a''E}{a'E} = \frac{a''E}{aE}.$$

Таким образом направление преломленного луча соответствует условию задачи; следовательно преломленный луч построен правильно.

Когда луч преломляется при переходе из среды более плотной в менее плотную, например из стекла в воздух, то преломленный луч строится так: из точки a'' пересечения продолженного падающего луча gE с окружностью большего радиуса опускаем перпендикуляр на линию AE , пересекающий меньшую окружность в точке a и линию AB — в точке a' , соединяем точку a' с E . Линия Ea представит собой преломленный луч.

§ 3. ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ

При построении преломленного луча, когда луч преломляется при переходе из среды более плотной в менее плотную, может встретиться случай, когда перпендикуляр $a''a$ не пересечет окружность меньшего радиуса.



58. Явление полного внутреннего отражения.

Очевидно, построение преломленного луча в этом случае невозможно. Если же перпендикуляр, касается меньшей окружности (рис. 58) то, согласно изложенному выше правилу построения, преломленный луч пойдет от точки E к точке a' , т. е. по пограничной поверхности.

Угол падения луча, соответствующий этому предельному случаю, называется предельным углом. Из рисунка 58 видно, что:

$$\sin i = \frac{a'E}{a''E} = \frac{1}{n}.$$

Если луч идет из стекла в воздух, то $n = \frac{3}{2}$, следовательно:

$$\sin i = \frac{2}{3} \text{ и } i = 42^\circ.$$

Если угол падения больше 42° , то преломления луча вовсе не происходит. Весь свет будет отражаться от поверхности стекла по закону отражения света. Это явление называется поэтому полным внутренним отражением.

Таким образом полное внутреннее отражение происходит, когда луч, идущий в более плотной среде, встретит поверхность раздела ее со средой менее плотной, падая под углом, большим предельного угла.

Работа 11. Ознакомиться с явлением преломления света и найти закон по которому это явление происходит

Приготовьте: 1) стеклянную пластинку размера 13×18 см (примерно); такие пластинки употребляются в фотографии для обрешивания отпечатков; если есть толстая стеклянная пластинка, которой иногда пользуются в качестве пресса, можно воспользоваться ею; пластинка должна быть с прямоугольными (не скошенными) краями; 2) лист бумаги; 3) две булавки; 4) карандаш; 5) линейку с миллиметровыми делениями; 6) циркуль и 7) четыре кнопки.

Выполнение работы

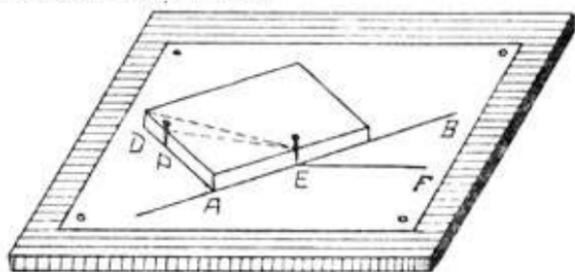
1. Начертите на бумаге прямую линию AB (рис. 59), приколите кнопками бумагу к поверхности стола (поверхность эта должна быть чистая и ровная) или к чертежной доске.

2. Положите на бумагу пластинку так, чтобы ребро ее совпадало с линией AB , а угол пластинки с точкой A ; пометьте на бумаге точку D (угол пластинки).

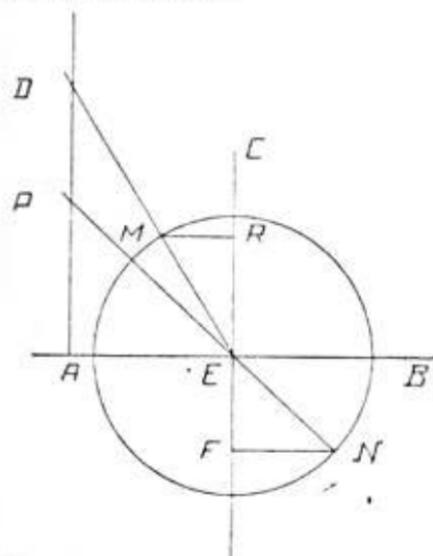
3. Воткните где-нибудь на линии AB (у края пластинки) булавку E .

4. Расположившись так, чтобы глаз находился около булавки E , смотрите через нее поверх пластинки в направлении угла D ; вы увидите этот угол в его нормальном положении.

5. Теперь, не меняя положения глаза, смотрите на угол D через пластинку; рассмотрев его, поставьте другую булавку P около ребра AD в той самой точке, где виден угол D (таким образом благодаря преломлению света угол D при рассмотрении его через пластинку кажется нам расположенным не там, где он в действительности находится).



59. Простейший прибор для определения показателя преломления стекла.



60. Луч света, идущий из угла D к точке E (около которой находится в момент опыта глаз), после своего преломления в точке E (при переходе из стекла в воздух) пойдет в направлении линии EN и глазу будет казаться, что луч идет не из точки D , а из точки P .

6. Убрав пластинку и булавки, постройте чертеж (рис. 60), для чего: соедините точки D и P с E и продолжите линию PE на некоторое расстояние; проведите через точку E линию EC , перпендикулярную AB , наконец проведите окружность с центром в точке E и из точек M и N опустите перпендикуляры MR и NF на линию EB и EC .

7. Измерьте по линейке линии MR и NF возможно точнее.

8. Вычислите отношение $\frac{NF}{MR}$;

таким образом вы узнаете величину показателя преломления.

Пример. Пусть из опыта найдено, что линия $MR = 12$ мм, а линия $NF = 16,8$ мм. Показатель преломления стекла $\frac{16,8 \text{ мм}}{12 \text{ мм}} = 1,4$.

Примечание 1. Ввиду того, что свет в нашем опыте проходит не из воздуха в стекло, а из стекла в воздух, мы должны

взять отношение не $\frac{MR}{NF}$, а отношение $\frac{NF}{MR}$.

Примечание 2. Вместо линии NF и MR можно измерить линию DE и PE . Их отношение $\frac{DE}{PE}$ равно отношению $\frac{NF}{MR}$ (проверьте это на опыте). Таким образом построение чертежа необязательно.

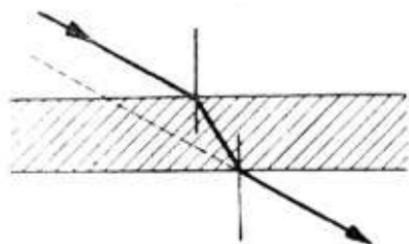
9. Прodelайте вторично весь ход работы, поместив булавку в какой-нибудь другой точке на линии АВ.

В обоих случаях для показателя преломления должна получиться одна и та же величина (приблизительно, потому что наши измерения неточны). Отсюда закон: для всякого вещества в нашем случае—для стекла) показатель преломления есть величина постоянная.

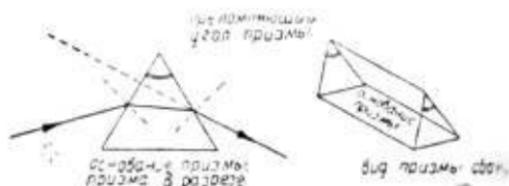
В фотографии для изготовления объективов употребляются два различных сорта стекла, показатель преломления которых может колебаться в известных пределах, а именно: флинтглас с показателем преломления 1,6—1,96 и кронглас, с показателем преломления 1,5—1,6.

§ 4. ПРЕЛОМЛЕНИЕ В ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТЕКЛЯННОЙ ПЛАСТИНКЕ ПРЕЛОМЛЕНИЕ В ПРИЗМЕ

До сих пор мы рассматривали случай, когда свет проходит из одной среды в другую; теперь переходим к тому случаю, когда, пройдя из первой среды во вторую (из воздуха в стекло), свет снова проходит в первую (воздух), следовательно, когда он преломляется два раза.



61. Преломление в плоскопараллельной пластинке.



62. Преломление в призме.

Напомним читателю два случая.

Пусть луч света проходит через стеклянную пластинку, ограниченную параллельными плоскостями. При входе в пластинку (рис. 61) луч отклонится в известном направлении и пойдет в стекло по этому новому направлению, но при выходе из пластинки в воздух луч отклонится в противоположном направлении; поэтому выходящий из пластинки луч будет иметь то же самое направление, что и луч, входящий в пластинку, т. е. направления того и другого луча будут параллельны. Но вследствие того, что в стекле луч прошел известный путь по новому направлению, выходящий луч окажется несколько смещенным, притом тем больше, чем толще пластинка.

Трехгранной призмой называется тело, ограниченное тремя пересекающимися и двумя параллельными плоскостями.

На рисунке 62 с правой стороны изображена призма; та же призма с левой стороны представлена в разрезе; нижняя грань призмы называется ее основанием; угол между двумя другими (боковыми гранями)—преломляющим углом призмы.

Луч света после преломления, как нам известно, приблизится к перпендикуляру (который показан в виде пунктирной линии). Проходя из стекла в воздух, луч света снова испытает преломление и при этом отдалится от перпендикуляра. Таким образом, луч света отклонится

к основанию призмы; в нашем случае луч, входящий в призму, был направлен вверх, а луч, выходящий из призмы, направлен вниз.

Нетрудно видеть, что луч тем сильнее будет отклоняться к основанию призмы, чем больше ее преломляющий угол. Действительно, чем преломляющий угол меньше, тем больше призма приближается по форме к пластинке, и наоборот.

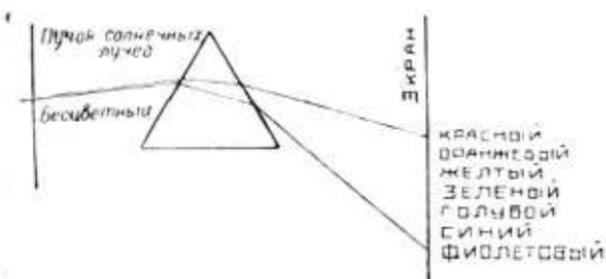
Поэтому с уменьшением преломляющего угла степень отклонения луча к основанию призмы должна уменьшаться, а с увеличением его она должна возрастать (рис. 63).



63. Призма с большим преломляющим углом (I) сильнее преломляет световой луч, чем призма с меньшим преломляющим углом (II). Пунктирными линиями показаны перпендикуляры падения.

§ 5. СВЕТОРАССЕЯНИЕ ИЛИ ДИСПЕРСИЯ СВЕТА

Свет, испускаемый солнцем (и другими сильно накаливаемыми телами, например электрической лампочкой), не имеет цвета, а в то же время различные предметы, им освещенные, окрашены в тот или иной цвет. Объяснить это явление можно на основании следующего опыта (рис. 64). Если в затененную комнату через узкую щель пропустить пучок солнечных лучей и на пути его поместить призму, то на экране, поставленном за призмой, получается цветная полоска, состоящая из всех цветов радуги,—так называемый солнечный спектр. В солнечном спектре различают семь главных цветов: фиолетовый, синий, голубой, зеленый, желтый, оранжевый и красный, между которыми существуют постепенные переходы. Этот опыт очевидно служит доказательством того, что бесцветный солнечный свет состоит как бы из смеси света красного, оранжевого, желтого и других, только что указанных. Самое разложение бесцветного света посредством призмы объясняется



64. Призма разлагает бесцветный солнечный свет на свет различных цветов.

тем, что свет определенного цвета, например красный, обладает иным коэффициентом преломления, чем свет другого цвета, например синий; поэтому они при прохождении через призму отклоняются ею в различной степени, и в результате этого бесцветный свет разделяется на свет, окрашенные в разные цвета и расходящиеся в виде отдельных соприкасающихся пучков лучей красного цвета, оранжевого цвета и т. д. Всего сильнее отклоняется призмой фиолетовый цвет, а всего слабее красный, как это показано на рисунке ¹.

¹ Кроме видимых лучей в солнечном спектре обнаруживаются лучи невидимые, называемые инфракрасными и ультрафиолетовыми. Первые находятся за красными лучами (т. е. лежат в самой верхней части нашего спектра), вторые расположены за фиолетовыми лучами.

Явление разложения бесцветного света на цвета называется светорассеянием, или дисперсией света (дисперсия по-латыни значит—рассеяние).

Посмотрим теперь, как можно на основании дисперсии света объяснить существование окраски у различных окружающих нас предметов.

§ 6. ЦВЕТА ТЕЛ ПРИРОДЫ

Хотя различные предметы, находящиеся на земной поверхности, бывают днем освещены «белым» светом, исходящим от солнца, многие из них окрашены в тот или иной цвет; следовательно эти предметы отражают не в одинаковой степени все падающие на них лучи, а главным образом только некоторые; так например тело, окрашенное в синий цвет, отражает исключительно или главным образом синие лучи; тело, окрашенное в красный цвет,—красные лучи и т. д. Рассмотрим несколько подробнее, что происходит, когда свет солнца падает на какое-нибудь непрозрачное окрашенное тело. Прежде всего заметим что часть падающего белого света отражается от самой поверхности тела. При этом, как показывают опыты, от поверхности тела, освещенного белым светом, всегда отражается также белый свет, иначе говоря, все лучи отражаются самой поверхностью тела в равной степени. Отражение происходит по определенному известному нам закону.



65. Схема, поясняющая, от чего зависит цвет тел. K и C —красные и синие лучи, падающие на поверхность тела; K_1 —красные, C_1 —синие лучи, отраженные поверхностью тела в равной степени, K_2 —красные лучи, выходящие на поверхность в незначительном количестве благодаря сильному поглощению; C_2 и C_3 —синие лучи, слабо поглощаемые и выходящие на поверхность в значительном количестве.

Та часть света, которая не отразилась от поверхности, пройдет внутрь тела, и с ней происходит следующее.

Для простоты и краткости рассуждения на рисунке 65 представлено прохождение только красных и синих лучей. Предположим, что тело обладает способностью поглощать красные лучи гораздо сильнее, чем синие. Проследим по рисунку, что происходит с красным лучом.

Войдя внутрь тела, красные лучи будут сильно поглощаться. На рисунке 65 красный луч представлен быстро утончающимся. Часть красного света при своем прохождении отражается от внутренних частиц тела, но на своем обратном пути эта отраженная часть также поглощается, и в результате красные лучи совершенно не достигнут поверхности тела или выйдут в очень незначительном количестве.

Что же касается синих лучей, то они будут поглощаться в небольшой степени; отражаясь во внутренних частях тела, они целиком или в очень значительной степени будут выходить на поверхность, и в результате тело будет окрашено в синий цвет (к которому будет примешан белый свет, отраженный, как мы говорили выше, самой поверхностью тела; он будет делать синий цвет тела более светлым).

Мы описали явление поглощения и отражения света, взяв лишь красные и синие лучи; но наше рассуждение остается совершенно справедливым

ливым для лучей любого цвета; каждый цвет будет поглощен телом в известной степени—большей или меньшей, и на поверхность тела выйдет смесь различных лучей, в которой лучи одних цветов будут преобладать над другими,—тело будет окрашено в тот или иной цвет. Цвета эти, как мы знаем из опыта, могут быть разнообразны до бесконечности. Если тело имеет белый цвет, то это значит, что оно отражает все лучи в равной степени, и следовательно в равной степени их поглощает. Тело, окрашенное в черный цвет, поглощает почти все падающие на него лучи.

Из сказанного становится понятным, почему окраска тел зависит от освещения. Красная ткань при освещении красным светом имеет свой цвет, потому что в этом случае она освещается как раз теми лучами, которые она отражает сильнее всего. При освещении же красным светом зеленой ткани последняя будет казаться темной, почти черной, потому что она поглощает красные лучи; при освещении зеленым светом будет конечно наблюдаться обратное явление.

До сих пор мы рассматривали непрозрачное тело, т. е. такое, через всю толщину которого совершенно не проходит никаких лучей. Если тело прозрачно, то ход лучей в нем совершается подобным же образом, но при этом те лучи, которые в наименьшей степени поглощаются телом, пройдут через него, и такое тело будет окрашено в цвет этих лучей.

В дальнейшем нас будут интересовать как явление рассеяния света различными окружающими нас предметами, потому что этот свет дает возможность их фотографировать, так и явление поглощения света, потому что последнее является также необходимым условием фотографирования; свет, испускаемый фотографируемыми предметами, частично поглощается светочувствительным слоем фотографической пластинки.

Что касается поглощенного света, то он не пропадает бесследно, как ничто не пропадает в природе, но—или нагревает тело, т. е. превращается в теплоту, или же вызывает в веществе, из которого состоит тело, химические реакции. Последнее явление и происходит при поглощении света светочувствительным слоем фотографической пластинки.

Свет, отражаемый окружающими нас предметами, как мы видели, может быть весьма различен по своему составу, и так как различные лучи света не в одинаковой степени поглощаются светочувствительным слоем пластинки и следовательно действуют на него неодинаково сильно,—окраска предметов имеет весьма важное значение при фотографировании их.

§ 7. ЯРКОСТЬ ОСВЕЩЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

При фотографировании бывает важно знать, насколько сильно рассеивают свет поверхности различных тел. В приводимой здесь краткой таблице даны коэффициенты рассеяния, т. е. числа, показывающие, какая часть падающего света исходит обратно от поверхности того или иного тела.

Снег свежесыпавший	0,8
Белая бумага	0,7
Земля сухая	0,15
Земля влажная	0,08

	т. е. приблизительно вдвое меньше, чем для сухой.
Трава зеленая свежая	0,1
Черный бархат	0,004

т. е. приблизительно в двести раз меньше, чем для снега.

Понятно, что количество света, испускаемого единицей данной поверхности (например 1 см^2), т. е. яркость поверхности, зависит не только от коэффициента рассеяния, но и от силы источника света, освещающего поверхность, например от силы солнечного освещения. Сила солнечного освещения зависит от того, насколько высоко над горизонтом находится солнце. При низком положении солнца (утром и вечером) солнечные лучи проходят более толстый слой воздуха и следовательно поглощаются в большей степени, чем днем.

Помимо освещения предмета непосредственно солнцем важное значение имеет также освещение, даваемое небом.

Таким образом при фотографировании надо учитывать три обстоятельства: 1) силу солнечного освещения как даваемого непосредственно солнцем, так и облаками и небесным сводом (или же искусственного освещения); 2) коэффициент рассеяния фотографируемых предметов и 3) их цвета. С тем, как учитывать практически эти три условия, читатель познакомится в дальнейшем.

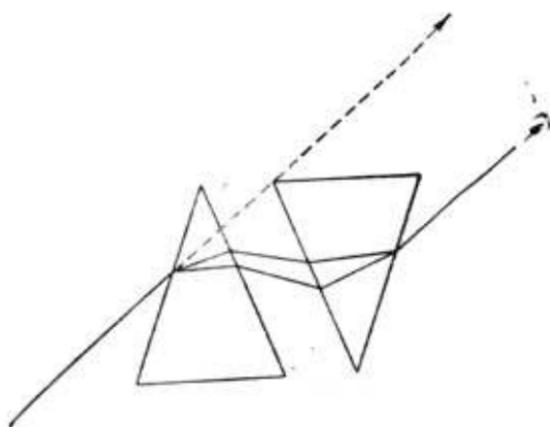
§ 8. АХРОМАТИЧЕСКАЯ ПРИЗМА

Если на пути лучей, выходящих из призмы, поставить вторую призму (рис. 66) с таким же преломляющим углом и сделанную из того же материала, как и первая призма, но расположить ее основанием вверх, то действие этой второй призмы будет обратным действию первой; она будет отклонять лучи к своему основанию, причем сильнее всего отклонится фиолетовый луч, слабее всего — красный; в результате этого все цветные лучи соединятся вместе, и из призмы выйдет бесцветный, белый луч.

При этом луч, выходящий из второй призмы, имеет то же самое направление, что и луч, входящий в первую призму (входящий и выходящий лучи — параллельны).

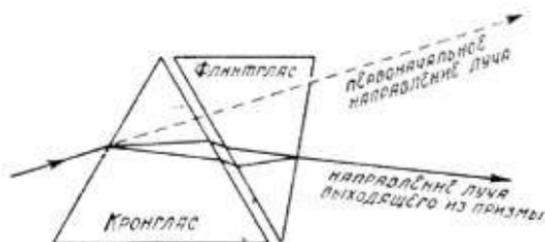
Ахроматической призмой называется призма, состоящая из двух различных призм, свойства которых подобраны таким образом, что луч света после прохождения через них не разлагается на цветные лучи, но в то же время отклоняется от своего первоначального направления (рис. 67).

Устройство такой призмы основано на том, что одни сорта стекла, называемые кронгласом, слабо рассеивают белый свет, а другие, называемые флинтгласом, — сильно. Поэтому, если взять первую призму из кронгласа и притом с большим преломляющим углом, а вторую — из



66. Первая призма разлагает белый луч на цветные лучи, вторая призма соединит цветные лучи в белый луч.

флинтгласа с меньшим преломляющим углом, то произойдет следующее: первая призма сильно отклонит все лучи к своему основанию, но рассеяние этих лучей (длина спектра) будет сравнительно небольшое; вторая призма благодаря способности сильно рассеивать белый свет и следовательно собирать свет, разложенный в спектр, соединит все цветные лучи в белый луч, но отклонит его в меньшей степени, чем первая призма. Таким образом в результате действия обеих призм луч света останется бесцветным, но несколько отклоненным по направлению к основанию первой призмы. Принцип построения ахроматической призмы интересен для нас тем, что такой же принцип применяется постоянно и в фотографическом объективе для устранения цветных окаймлений, сопровождающих контуры и линии всякого предмета, полученного в изображении.



67. Ахроматическая призма отклоняет луч от его первоначального направления, но не разлагает его на цветные лучи.

Это окаймление образуется при преломлении белого составного луча в стеклянных элементах, из которых составляется объектив, так называемых линзах, причем луч расплывается в узенький спектр. Окраска эта сильно вредит отчетливости изображения и кроме того мешает сделать правильную предварительную установку и подготовку к съемке по матовому стеклу. Устранить это явление можно построением специальных, так называемых ахроматических (неокрашивающих) объективов.

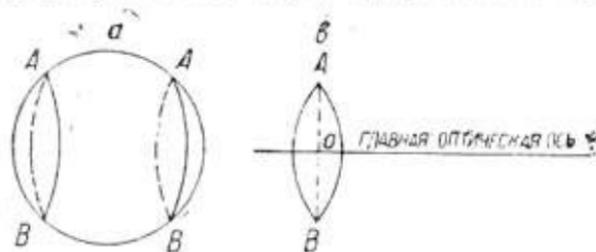
О том, как это делается, будет сказано несколько позже.

ГЛАВА II

СВОЙСТВА ЛИНЗ

§ 9. ПРОХОЖДЕНИЕ СВЕТА ЧЕРЕЗ ДВОЙКОВЫПУКЛУЮ ЛИНЗУ. ИЗОБРАЖЕНИЕ, ДАВАЕМОЕ ЛИНЗОЙ

Двойковыпуклой линзой, или чечевицей, называется тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями. По своей



68. a — от шара отрезаны два одинаковых слоя, b — линза, получившаяся от сложения двух отрезанных слоев.

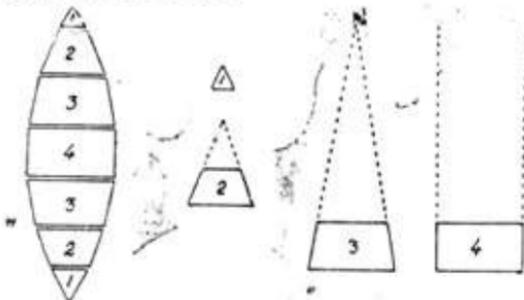
форме такое тело напоминает чечевицеобразное зерно, откуда и произошло название (слово „линза“ по-немецки значит — чечевица). Представим себе, что от шара (рис. 68) отрезано два одинаковых слоя и что затем они сложены своими плоски-

ми частями. Тогда получается двояковыпуклая (т. е. выпуклая с обеих сторон) линза; каждая сторона ее есть часть поверхности шара (сферической поверхности). Средняя точка линзы O называется ее центром. Воображаемая линия, проходящая через центр линзы перпендикулярно к линии AB , называется главной оптической осью линзы; всякая другая линия, проходящая через центр линзы, называется побочной (боковой) оптической осью. Главная оптическая ось часто для краткости называется просто оптической осью.

Кроме двояковыпуклой линзы существуют еще и другие виды линз, с которыми мы познакомимся дальше.

Двояковыпуклая линза всем знакома, так как она представляет собой обыкновенное увеличительное стекло.

Основное свойство двояковыпуклой линзы заключается в том, что лучи света, исходящие из какой-нибудь светящейся точки и падающие на линзу, после прохождения через нее снова собираются в одну точку, называемую изображением светящейся точки. Сначала мы и рассмотрим это свойство.

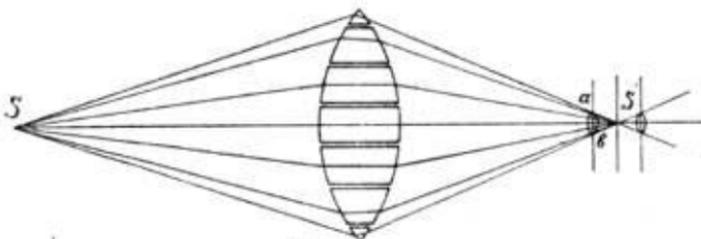


69. Линзу можно представить себе состоящей из призм.

Для того чтобы уяснить, как проходит свет через линзу, можно представить себе, что последняя как бы состоит из призм, как это показано на рисунке 69, причем верхняя часть каждой призмы (кроме призмы 1-й) срезана и все они сложены вместе.

На нашем чертеже линза показана состоящей из семи призм — для простоты.

Чем больше мы взяли бы таких призм с постепенно уменьшающимися преломляющими углами, тем более походило бы на



70. Лучи света, исходящие из какой-либо точки, после прохождения через линзу собираются опять в одной точке: S —светящаяся точка, S' —ее изображение.

линзу тело, составленное из таких призм (в своем разрезе). Самую среднюю часть линзы можно представлять себе как призму, у которой боковые грани параллельны (т. е. преломляющий угол в этом месте равен нулю). Самый большой преломляющий угол будет у призмы 1-й, у призмы 2-й он будет меньше, у 3-й еще меньше и у 4-й он равен нулю.

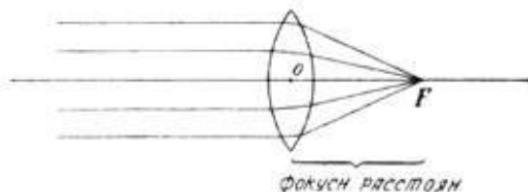
Вследствие этого лучи света, исходящие из какой-нибудь светящейся точки (рис. 70) и падающие на края линзы, всего сильнее

отклоняются по направлению к оптической оси. Лучи, падающие на части линзы, более удаленные от краев, будут отклоняться меньше. Наконец центральный луч, падающий перпендикулярно к поверхности стекла, вовсе не изменит своего направления.

В результате все преломленные лучи пересекутся в одной точке, лежащей на оптической оси и называемой изображением точки.

Если в том месте, где собираются лучи, поставить экран, например лист белой бумаги, то на нем будет видно резкое отчетливое изображение точки S . Если же теперь передвигать экран из этого положения в ту или другую сторону, то на нем получится, как видно из чертежа, не точка, но светлый кружок ab — мы получим нерезкое, расплывчатое изображение точки. Точка S_1 , в которой пересекаются лучи, исходящие из точки S , называется также фокусом.

Если передвинуть нашу светящуюся точку вдоль оптической оси, а именно — поместить ее дальше от линзы, то лучи, исходящие от точки и падающие на линзу, после преломления в линзе пересекутся ближе к ней, чем в предыдущем случае. Если наша точка удалится на очень большое расстояние, то лучи света можно считать параллельными между собой и в то же время параллельными оптической оси (рис. 71). Точка, в которой пересекаются после своего преломления в линзе такие лучи, называется главным фокусом линзы, (иногда для краткости просто — фокусом). Расстояние от этой точки до центра линзы называется главным фокусным расстоянием линзы (короче — фокусным расстоянием).



71. Лучи, идущие параллельно оптической оси, собираются после прохождения через линзу в главном фокусе. F — главный фокус линзы; OF — фокусное расстояние.

То, что было изложено для точки, лежащей на оптической оси, справедливо и для всякой другой точки, расположенной не на оптической оси, но где-нибудь сбоку от нее. Лучи, исходящие из такой точки после преломления, пересекутся также в одной точке (фокусе).

Работа 12. Определение главного фокусного расстояния линзы

Приготовьте: 1) увеличительное стекло (линзу), 2) кусок белого картона (экран) и 3) линейку.

Примечание: Опыт производится, когда видно солнце.

Выполнение работы:

1. Держите экран так, чтобы он был возможно сильнее освещен солнечными лучами (т. е. чтобы они падали на экран отвесно).

2. Держите другой рукой линзу параллельно экрану; передвигайте ее, пока не получите резкого наименьшего изображения солнца.

3. Попросите кого-либо измерить по линейке расстояние от центра линзы до картона; это будет главное фокусное расстояние линзы.

Работа 13. Получение изображения с помощью линзы и определение фокусного расстояния линзы

Приготовьте: 1) увеличительное стекло (линзу), 2) листок белого картона или бумаги и 3) линейку.

Выполнение работы:

1. Возьмите линзу и картон и встаньте у стены комнаты, противоположной окну.
2. Если эта стена темная, приложите к ней (или приколите) картон (или бумагу).
3. Приближайте к картону линзу, держа ее параллельно стене.
4. Заметьте, как появляется изображение окна и расположенных за ним предметов — сначала расплывчатое, потом более ясное.
5. Добейтесь получения по возможности резкого изображения предметов, расположенных за окном.
6. Заметьте, что изображение получается обратное и уменьшенное.
7. Измерьте по линейке расстояние от центра линзы до стены — это будет фокусное расстояние линзы.

10 ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ РАССТОЯНИЕМ ПРЕДМЕТА ОТ ЛИНЗЫ И РАССТОЯНИЕМ ОТ ЛИНЗЫ ДО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Мы уже знаем, что если расстояние от предмета до линзы изменить, например удалить предмет, то изменится и расстояние от линзы до изображения. Между тем и другим расстоянием существует определенная зависимость. Читателю уже известно из работы 8-й, что чем дальше расположен фотографируемый предмет, тем ближе к объективу получается изображение. Посмотрим теперь, соблюдается ли этот закон и для обыкновенной двояковыпуклой линзы.

Работа 14. Ознакомление на опыте с зависимостью, о которой только что говорилось

Приготовьте: 1) линзу и 2) кусок белого картона (в качестве экрана).

Примечание: Опыт производится вечером, когда не мешает посторонний свет. Источником света (предметом) служит электрическая лампочка или обыкновенная лампа, свеча и т. п. Опыт этот лучше удастся, если линза и экран имеют подставки.

Выполнение работы

1. Держите экран с правой стороны лампы.
2. В другую руку возьмите линзу и поместите между лампой и экраном в таком положении, чтобы получилось резкое изображение лампы на экране.
3. Попросите кого-нибудь передвинуть лампу влево, причем не изменяйте положения линзы и экрана; наблюдайте, как изменяется изображение.
4. Приближайте экран к линзе, пока вновь не получите резкого изображения.

Примечание: Ту же работу можно выполнить несколько иначе. Вместо того чтобы получать изображение на особом экране, который мы можем передвигать, будем отбрасывать изображение на стену. Полу-

чив резкое изображение на стене, мы затем отодвинем лампу от линзы. Тогда, чтобы вновь явилось резкое изображение, надо линзу приблизить к стене.

Из проделанного опыта мы убедились в том, что линза обладает свойством давать обратное уменьшенное изображение, находящегося впереди предмета и что чем дальше от линзы находится этот предмет, тем ближе к линзе должен быть экран для того, чтобы получилось резкое изображение.

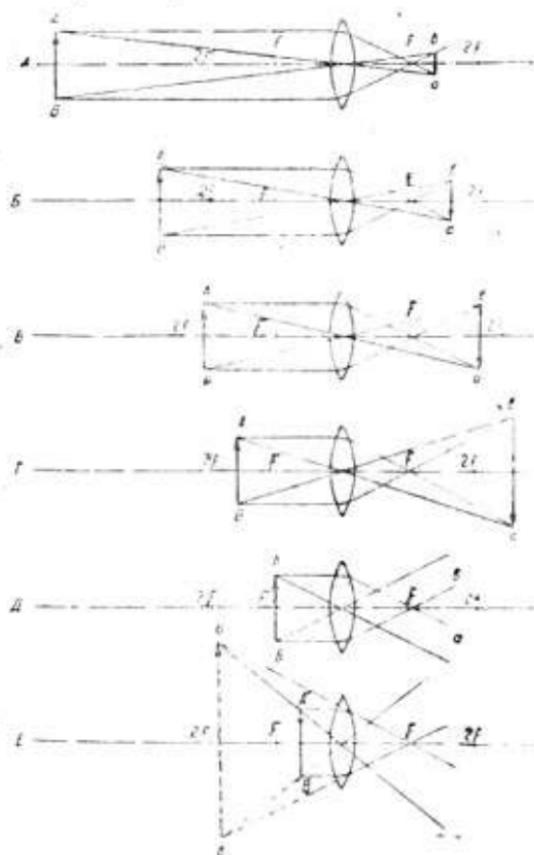
При этом всякому расстоянию от предмета до линзы соответствует вполне определенное расстояние от линзы до изображения предмета (т. е. до экрана, на котором это изображение получилось).

Посмотрим, как можно доказать тот же закон теоретически, на основании известных нам законов преломления света в линзе. При этом мы постараемся установить более точно зависимость, которая существует между расстоянием предмета от линзы и расстоянием от линзы до изображения.

На рисунке 72 А представлена линза; на ее оптической оси отложены в обе стороны от оптического центра отрезки, равные ее фокусному расстоянию, и отрезки, равные двойному фокусному расстоянию: концы первых отрезков обозначены буквами F , а концы вторых— $2F$. Чтобы не делать чертеж слишком громоздким, фокусное расстояние взято равным приблизительно 1 см.

Пусть предмет находится, как видно из чертежа, за двойным фокусным расстоянием. Он представлен в виде стрелки AB , обращенной острием кверху. Посмотрим изображение этой стрелки.

Из верхней точки стрелки A проведем луч света, идущий параллельно оптической оси. Этот луч, как нам известно из предыдущего, после своего преломления в линзе пройдет через главный фокус линзы. Второй луч проведем в направлении центра линзы. Этот последний, как нам тоже известно, пройдет через линзу без преломления. Пересечение двух построенных нами лучей даст некоторую точку a , ко-



72. Различные случаи построения изображений, получаемых при помощи двояковыпуклой линзы.

торая и является изображением точки A нашего предмета. Все другие лучи, исходящие из вершины стрелки A , пересекутся после преломления в этой же точке.

Совершенно так же можно построить и изображение нижнего конца стрелки B , как это показано на рисунке. Получим точку b .

Что касается изображения других точек, то их можно построить тем же способом, но в этом нет надобности. Достаточно соединить полученные две точки a и b , и мы получим изображение ab всего предмета. Мы видим, что оно находится между фокусным и двойным фокусным расстоянием, является обратным (стрелка направлена вниз) и уменьшенным (т. е. размеры его меньше, чем размеры самого предмета).

Рассмотренный случай при фотографировании является наиболее обыкновенным; мы обычно фотографируем предметы, расположенные более или менее далеко—за двойным фокусным расстоянием, и получаем их изображение в уменьшенном размере.

По мере того как предмет приближается к линзе изображение его удаляется от линзы и в то же время становится больше. На рисунке 72, B представлен случай, по существу сходный с предыдущим, т. е. предмет опять находится за двойным фокусным расстоянием, но он расположен ближе к линзе, чем в предыдущем случае. Построение хода лучей делается описанным способом. Мы видим, что изображение получилось дальше от линзы, чем в предыдущем случае и имеет большие размеры.

Теперь рассмотрим второй случай, а именно—когда предмет расположен на двойном фокусном расстоянии от линзы (рис. 72, B). Построив описанным выше способом изображение нашего предмета, мы увидим (если построение сделано точно), что изображение находится также на двойном фокусном расстоянии от линзы. Как и в предыдущем случае, изображение получится обратным, величина же его будет равна величине самого предмета—изображение получится в натуральную величину.

Наконец, если предмет находится между фокусным расстоянием и двойным фокусным расстоянием, то изображение получится за двойным фокусным расстоянием—оно будет обратным и увеличенным (рис. 72, Γ).

Указанные два случая применяются при фотографировании мелких предметов, а также при пересъемке (репродукции) фотографий, картин и т. п. Для лучшего усвоения изложенных выше явлений полезно самому построить изображение для трех указанных случаев.

УПРАЖНЕНИЕ

Начертите линзу, ее оптическую ось, отложите на ней от центра линзы отрезки, равные фокусному расстоянию (его можно взять произвольно, например 2 см), и отрезки, равные удвоенному фокусному расстоянию. Сделайте этот чертеж в трех экземплярах. На первом из них начертите предмет (стрелку) за двойным фокусным расстоянием, на втором—на двойном фокусном расстоянии и на третьем—между фокусным и двойным фокусным расстоянием. Постройте во всех трех случаях изображение предмета. Откладывать отрезки и делать построения следует при помощи линейки с делением.

Кроме того читатель может проверить себя еще при помощи приведенной ниже таблицы.

Проверяйте себя так: закройте из трех вертикальных столбцов два (не закрывая их заголовков), например 1-й и 2-й, и отвечайте себе на вопросы (заголовки) закрытых столбцов для всех случаев, указанных в 3-м столбце (т. е. каково положение предмета и положение изображения, когда последнее получается: 1) уменьшенным, 2) в натуральную величину и 3) увеличенным). Затем закройте два другие столбца, например 2-й и 3-й, наконец 1-й и 3-й, и поступайте аналогично предыдущему.

Положение предмета	Положение изображения	Величина изображения (во всех случаях изображение получается обратное)
За двойным фокусным расстоянием	Между фокусным и двойным фокусным расстоянием	Уменьшенное
На двойном фокусном расстоянии	На двойном фокусном расстоянии	В натуральную величину
Между фокусным и двойным фокусным расстоянием	За двойным фокусным расстоянием	Увеличенное

Укажем еще два возможных случая, имеющих для нас второстепенное значение. Если (рис. 72, Д) предмет находится на расстоянии, равном главному фокусному расстоянию, то лучи, исходящие от каждой точки предмета, после прохождения через линзу пойдут параллельным пучком, т. е. они вовсе не пересекутся между собой, и потому изображения точек предмета не получатся. Таким образом и весь предмет, находящийся от линзы на расстоянии, равном фокусному, вовсе не даст изображения.

Если предмет будет расположен ближе фокусного расстояния, то лучи, исходящие от каждой его точки, после прохождения через линзу пойдут расходящимся пучком, т. е. опять не пересекутся, и изображения точки не получится. Так например, от точки *A* предмета (рис. 72, E) исходит бесчисленное множество лучей, из которых на фигуре показаны два. После своего преломления они не только не пересекаются, но расходятся. Если представить себе, что за линзой находится глаз, то ему будет казаться, что эти лучи и все лучи, находящиеся между ними, исходят не из точки *A*, а из точки *a*, в которой пересекаются продолжения наших лучей (обозначенные на рисунке пунктиром). Вообще при рассматривании через линзу глазу будет казаться, что он видит предмет в увеличенном виде. Изображение *av* нашего предмета, которое увидит глаз, но которого в действительности не существует, называется мнимым.

Последний рассмотренный нами случай поясняет действие лупы, которая, кстати сказать, применяется в фотографии в двух случаях: 1) для более точной наводки по матовому стеклу на резкость и 2) при рассматривании фотографий.

§ 11. ФОРМУЛА ЛИНЗЫ

Ниже приводим формулу, определяющую зависимость между расстоянием от предмета до линзы, расстоянием от линзы до изображения и фокусным расстоянием линзы:

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f}.$$

В ней D обозначает расстояние от предмета до линзы, d — расстояние от линзы до изображения и f — фокусное расстояние линзы.

Величина f , как известно, есть вполне определенная величина для данной линзы. Она зависит от показателя преломления и от формы линзы (от величины ее радиусов).

Эта последняя зависимость выражается формулой:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

где n — показатель преломления стекла, а R_1 и R_2 — радиусы кривизны поверхностей линзы.

Из формулы видно, что величина $\frac{1}{f}$ будет тем меньше, чем больше радиусы R_1 и R_2 и чем меньше n ; следовательно обратная величина, т. е. f , будет тем меньше, чем меньше R_1 и R_2 и чем больше n . Иначе говоря, для получения линзы с малым фокусным расстоянием необходимо взять для изготовления линзы стекло по возможности с большим показателем преломления и сделать линзу возможно более выпуклой с обеих сторон.

Переходим к более подробному анализу формулы линзы.

В формулу линзы входят три величины: D , d , f . Если две из них известны, то третью можно определить вычислением. Пусть например мы имеем линзу с фокусным расстоянием в 10 см, и пусть предмет расположен от линзы в расстоянии 40 см. Требуется вычислить, на каком расстоянии от линзы получится изображение.

Подставляем в формулу известные нам величины и находим неизвестную:

$$\begin{aligned} \frac{1}{40 \text{ см}} + \frac{1}{d} &= \frac{1}{10 \text{ см}}; \\ \frac{1}{d} &= \frac{1}{10 \text{ см}} - \frac{1}{40 \text{ см}} = \frac{3}{40 \text{ см}} \\ d &= \frac{40}{3} = 13\frac{1}{3} \text{ см}. \end{aligned}$$

УПРАЖНЕНИЯ

1. На каком расстоянии от центра линзы получится изображение, если предмет находится на расстоянии 5 м, а фокусное расстояние линзы равно 10 см?

2. Найти расстояние до предмета, если известно, что изображение его находится от линзы на расстоянии 16 см, а фокусное расстояние линзы равно 12 см.

Рассмотрим теперь следующие случаи, вытекающие из формулы линзы.

1. Пусть расстояние D будет очень велико по сравнению с f , Из формулы линзы видно, что

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{f} - \frac{1}{D}$$

Если значение D очень велико, то дробь $\frac{1}{D}$ будет очень мала; чем больше D , тем меньше $\frac{1}{D}$, и потому при очень большом D по сравнению с f мы можем величиной $\frac{1}{D}$ совсем пренебречь, т. е. считать ее равной нулю. Тогда $\frac{1}{a} = \frac{1}{f}$ и $d = f$, т. е. изображение очень удаленного предмета будет лежать на расстоянии от линзы, равном главному фокусному расстоянию.

2. Пусть D равно некоторой величине, большей $2f$, но не слишком большой, как в предыдущем рассмотренном случае.

Нетрудно видеть, что если $D > 2f$, то разность

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{D},$$

равная $\frac{1}{a}$, будет больше $\frac{1}{2f}$, а следовательно d будет меньше $2f$, т. е. изображение получится на расстоянии, меньшем двойного фокусного расстояния, но большем фокусного.

3. Пусть D равно $2f$. Тогда:

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{f} - \frac{1}{2f} = \frac{1}{2f};$$

следовательно $a = 2f$, т. е. в том случае изображение будет находиться тоже на двойном фокусном расстоянии от линзы.

4. Если D будет дальше уменьшаться и станет меньше $2f$, то величина d будет больше $2f$, т. е. изображение получится за двойным фокусным расстоянием.

5. Если $D = f$, т. е. точка находится в главном фокусе.

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f} = 0;$$

следовательно d равно бесконечности, так как нуль в частном может получиться только при делении на бесконечно большую величину. Это значит, что изображения вовсе не получится, потому что лучи после прохождения через линзу пойдут параллельными пучками и в каждом отдельном пучке не пересекутся вовсе.

6. Наконец, если $D < f$, то лучи после преломления в линзе также не пересекутся, потому что они пойдут расходящимся пучком (однако с меньшим углом расхождения, чем до входа в линзу). Продолжения этих лучей пересекутся в некоторой точке, которая представ-

ляет собой мнимый фокус; в результате получится мнимое изображение.

Из формулы линзы становится также ясным, почему все предметы, очень удаленные от линзы (объектива), хотя и различно удаленные, дают резкие изображения, т. е. расстояния изображений этих предметов от линзы можно практически считать одинаковыми.

Напишем формулу линзы в таком виде:

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{f} - \frac{1}{D}$$

Будем давать величине d различные, но всегда очень большие по сравнению с f значения, причем пусть для примера $f = 10$ см.

Если D равно 100 м, то:

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{10 \text{ см}} - \frac{1}{10000 \text{ см}} = \frac{999}{10000};$$

$$d_1 = 10,01 \text{ см.}$$

Если D равно 200 м, то:

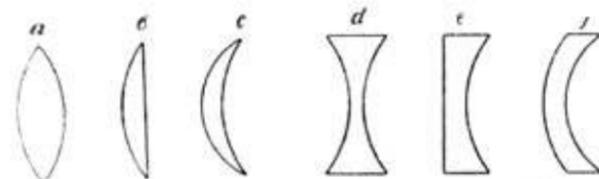
$$\frac{1}{d_2} = \frac{1}{10 \text{ см}} - \frac{1}{20000 \text{ см}} = \frac{1999}{20000};$$

$$d_2 = 10,005 \text{ см.}$$

Таким образом мы видим, что разность между d_1 и d_2 ничтожно мала—она равна 0,005. т. е., иначе говоря, величины d_1 и d_2 можно практически считать равными.

§ 12. СОБИРАТЕЛЬНЫЕ И РАССЕИВАТЕЛЬНЫЕ ЛИНЗЫ

Двоковыпуклая линза представляет собой пример собирательной линзы, потому что пучок расходящихся из какой-нибудь точки лучей после прохождения через двояковыпуклую линзу собирается



73. Собирательные линзы: *a*—двоковыпуклая, *b*—плосковыпуклая, *c*—вогнутовыпуклая. Рассеивательные линзы: *d*—двоковогнутая, *e*—плосковогнутая, *f*—выпукловогнутая.

в одной точке—все лучи в этой точке сходятся и благодаря этому на матовом стекле получается изображение точки.

Подобно двояковыпуклой линзе действуют (только несколько слабее) еще и два другие вида линз, а именно—плосковыпуклая,

у которой одна сторона плоская, и вогнутовыпуклая, у которой одна сторона выпуклая. Эти линзы представлены на рисунке 73 (*b, c*). Они наряду с двояковыпуклой линзой находят применение в фотографических объективах. Действие их сходно с действием двояковыпуклой линзы по той причине, что та и другая тоже состоят как бы из совокупности сложенных вместе маленьких призмочек, преломляющие углы которых увеличиваются в направлении к краям линзы. Линзы двояковыпуклые, плосковыпуклые и вогнутовыпуклые объединяются в одну группу собирательных линз (они называются также положи-

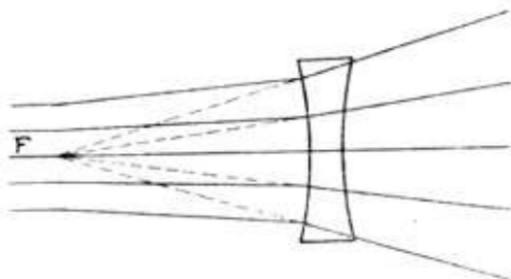
тельными, или позитивными). Собираательные линзы толще посередине и утончаются к краям.

Другую группу линз, также применяемых в фотографических объективах, составляют рассеивательные линзы (отрицательные, негативные), которые могут быть двояковогнутыми, плосковогнутыми (когда одна сторона плоская) и выпукловогнутыми (когда одна сторона выпуклая), причем во всех трех случаях середина линзы тоньше, а края толще (рис. 73, *d, e, f*).

Вогнутые линзы действуют обратным образом: они рассеивают падающий на них свет. Расходящийся пучок лучей, падающий например на поверхность двояковогнутой линзы, после прохождения через нее будет еще более расходящимся, т. е. лучи будут расходиться под большим углом (рис. 74). Понятно, что лучи выходящие из линзы, не будут пересекаться между собой, но если продолжим их в обратном направлении, как показано на рисунке пунктиром, то продолжения наших лучей дадут в пересечении некоторую точку *F*, которая называется по аналогии с предыдущим случаем фокусом; при этом такой фокус называется мнимым, потому что в действительности лучи в нем не собираются, а только кажутся из него выходящими.

Чтобы пояснить действие двояковогнутой линзы, заметим, что ее можно представить себе состоящей из призм с различными преломляющими углами, сложенными вместе, причем преломляющие углы направлены от краев линзы к ее центру. Постройте сами чертеж, поясняющий это положение.

Действие плосковогнутой и выпукловогнутой линз будет аналогично действию двояковогнутой линзы, но более слабо.



74. Действие рассеивающей линзы. Продолжения преломленных лучей пересекаются в некоторой точке, называемой мнимым фокусом.

УПРАЖНЕНИЯ

1. Начертите схему образования двояковыпуклой линзы с равными радиусами кривизны и с неравными.
2. Начертите схему образования двояковогнутой линзы, которая получается между двумя непересекающимися сферическими поверхностями.
3. Постройте вогнутовыпуклую и выпукловогнутую линзу посредством пересечения двух неодинакового радиуса сферических поверхностей и посредством расположения их одна в другой. Начертите радиусы кривизны получившихся линз.
4. Начертите те же виды линз, но с другими радиусами кривизны.
5. Постройте плосковогнутую и плосковыпуклую линзу, зная, что одна из ограничивающих поверхностей будет не сферическая, а плоская.

Примечание. Плоскость эту можно рассматривать как небольшую часть сферической поверхности очень большого (точнее—бесконечно большого) радиуса. Таким образом плосковыпуклые и плосковогнутые линзы подходят под общее определение линз как получающихся в результате пересечения двух сферических поверхностей.

6. Для линз одного вида (например для вогнутовыпуклой линзы, плосковыпуклой линзы и т. д.) постройте два или несколько примеров отдельных линз, отличающихся радиусами кривизны своих поверхностей.

ГЛАВА III

НЕДОСТАТКИ ПРОСТЫХ ЛИНЗ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Более точные опыты и наблюдения показывают, что лучи света, падающие на линзу, собираются после прохождения через линзу лишь приблизительно в одной точке. Вследствие этого обыкновенная линза не дает совершенно резкого изображения. В этом параграфе мы и познакомимся вкратце с недостатками простых линз и со способами их устранения.

§ 13. СФЕРИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ

Явление сферической aberrации заключается в том, что световые лучи, падающие на края линзы, пересекутся после преломления в некоторой точке, которая расположена ближе к объективу, чем точка пересечения центральных лучей, т. е. лучей, падающих вблизи центра объектива.



75. Смеха сферической aberrации.

Иначе говоря, в одной точке пересекутся только те лучи, которые одинаково удалены от оптической оси. Так например (рис. 75) лучи, обозначенные III и все другие лучи, находящиеся на том же расстоянии от оптической оси, пересекутся в некоторой точке (фокусе) III. Фокус этих лучей расположен ближе всего к линзе, потому что они преломляются всего сильнее.

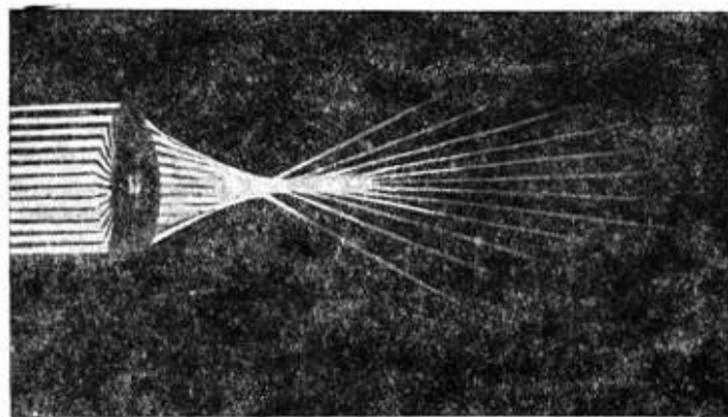
Лучи, обозначенные I, падающие вблизи центра объектива, и называемые нулевыми лучами, пересекутся в точке (фокусе) I, а лучи, занимающие промежуточное положение, пересекутся в некоторой точке I, лежащей между III и I. Вообще для всяких лучей расположенных на некотором определенном расстоянии от оптической оси, получится свой фокус, не совпадающий с фокусом каких-либо дру-

гих лучей. Фотография, помещенная на рисунке 76, хорошо иллюстрирует сказанное.

Вследствие описанного явления, называемого сферической aberrацией, простая линза не дает совершенно резкого изображения. Поместив где-нибудь за линзой экран, мы никогда не сможем получить на нем точку, а всегда получим небольшой кружок.

Таким образом каждая точка любого предмета изобразится кружком. Кружки будут налегать один на другой, почему изображение и будет казаться глазу более или менее нерезким, расплывчатым.

Расстояние между фокусом нулевых лучей и фокусом лучей, падающих на края линзы, называется продольной сферической aberrацией (D), а радиус круга, полученного пересечением конуса крайних лучей с плоскостью, проходящей через фокус нулевых лучей, называется поперечной сферической aberrацией (R).



76 Фотографический снимок, иллюстрирующий явление сферической aberrации.

Сферическую aberrацию, которая, как показывает само название, связана со сферичностью поверхностей линзы, можно было бы устранить, делая поверхность не сферической, а иной формы, но при этом aberrация была бы устранена неполностью и кроме того технически получение других поверхностей математически правильных представляло бы большие затруднения.

Из приведенной ниже таблицы мы видим, что в зависимости от высоты падения луча над оптической осью линзы фокусное расстояние изменяется сначала медленно, а затем быстрее: оно все время уменьшается с увеличением высоты падения луча, а следовательно и сферическая aberrация все возрастает.

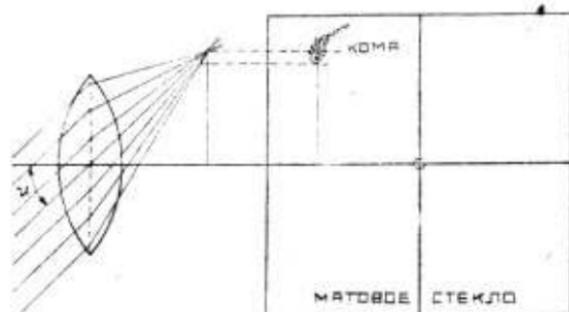
Высота падения луча (в мм)	0,00	1,97	2,97	4,44	6,67	10,00	15,00	22,50
Фокусное расстояние (в мм)	96,00	95,96	95,92	95,80	95,45	94,97	93,55	90,55

Способ частичного устранения сферической aberrации заключается в использовании диафрагмы. Как мы видели сферическая aberrация особенно значительна для крайних лучей (т. е. лучей, падающих на края объектива), почему особенно важно недопустить именно эти лучи, что как раз и достигается посредством уменьшения отвер-

стия диафрагмы; но ввиду того, что сферическая aberrация наблюдается и для лучей, падающих вблизи главной оптической оси, т. е. лучей центральных, ясно, что при помощи диафрагмы явление сферической aberrации устраняется только отчасти, неполностью. Полное же устранение ее достигается посредством присоединения к простой линзе еще одной или нескольких линз, о чем подробнее говорится дальше.

В силу наличия сферических aberrаций и других недостатков (излагаемых в дальнейшем) простая линза в качестве фотографического объектива находит малое применение; объективы, состоящие из простой линзы, применяются лишь в самых дешевых аппаратах; они требуют диафрагмирования для получения удовлетворительной резкости. Подобного рода объективы — простые линзы — называются м о н о к л я м и.

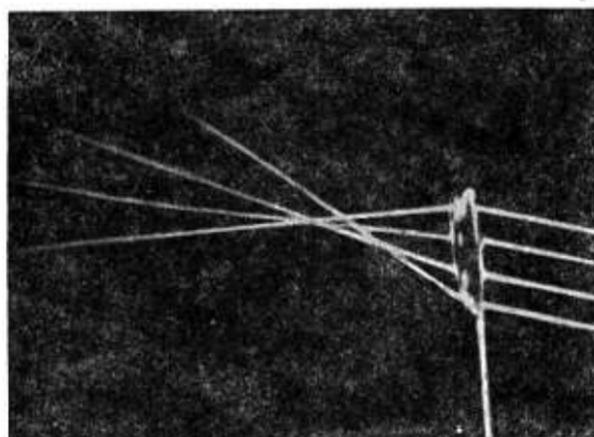
Монокль, представляющий собой вогнутовыпуклую линзу, называется м е н и с к о м.



77. Схема образования комы при падении лучей под некоторым углом α к оптической оси. Слева вид сбоку, справа — со стороны матового стекла.

§ 14. КОМА

Выше мы брали случай лучей, идущих параллельно оптической оси. Если взять лучи наклонные, т. е. идущие от предмета, расположенного сбоку, то конечно и для них имеет место явление сфери-



78. Фотографический снимок, иллюстрирующий явление комы.

ческой aberrации. Явление сферической aberrации для боковых лучей называется комой. Сущность явления та же самая, но здесь точка изобразится не в виде кружка, а в виде фигурки, напоминающей по своей форме запятую. Явление комы тоже лишь

частично устраняется диафрагмированием, а для полного устранения существуют более сложные способы. Явление комы поясняется на рисунках 77 и 78.

Работа 15. Ознакомление со сферической aberrацией и комой

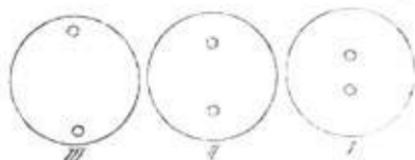
Приготовьте: 1) электрическую полуваттную лампочку и 2) аппарат, объектив которого заменен обыкновенной двояковыпуклой линзой.

Выполнение работы.

1. Выберите аккуратно в трех картонных кружках, диаметр которых равен диаметру линзы, по два отверстия, как показано на рисунке 79. Диаметр отверстия должен быть 1,5—2 мм. Из кружков сделайте крышечки, которые будете надевать на линзу.

2. Получите при полном действующем отверстии линзы на матовом стекле возможно резкое изображение волосков лампочки. Измерьте растяжение камеры.

3. Наденьте затем на линзу крышечку I—на матовом стекле получатся два изображения волосков лампочки. Совместите перемещением матового стекла два изображения волосков в одно. Снова измерьте растяжение камеры. Обратите внимание на то, что фокусное расстояние, даваемое крайними лучами, меньше ранее измеренного.



79. Крышечки с отверстиями для определения сферической aberrации.

4. Наденьте далее на линзу крышечку II и повторите все сказанное в п. 3. Вы увидите, что фокусное расстояние будет большее, чем в предыдущем случае. Наконец сделайте то же самое с крышечкой III. Разница между фокусными расстояниями, даваемыми крышками I и III, дает величину сферической aberrации для данной линзы.

5. Если у вас имеется ряд линз с различными фокусными расстояниями, сделайте все изложенное с ними и сделайте вывод, как влияет величина фокусного расстояния на величину сферической aberrации.

Примечание. Для изучения сферической aberrации удобно пользоваться оптической скамьей, отсчитывая нужные расстояния по шкале.

6. Для ознакомления с комой необходимо, чтобы источник света был в стороне от оптической оси, т. е. чтобы лучи, исходящие из него, падали насколько можно наклоннее по отношению к оптической оси линзы. На линзу надевается крышечка с далеко отстоящими от центра отверстиями. Изображение отверстий получится в форме запятой.

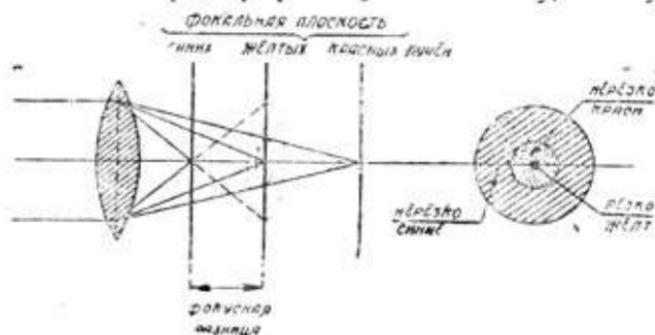
§ 15. ХРОМАТИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ

Так как линза представляет собой как бы совокупность призм, то она, как и призма, должна обладать способностью светорассеяния. И действительно, если точно исследовать изображения, даваемые линзой, то оказывается, что изображение всякой точки, излучающей бесцветный свет, окружено радужным сиянием и следовательно является нерезким. Это явление называется хроматической aberrацией. Сущность его заключается таким образом в том, что поло-

жение фокуса для лучей различного цвета неодинаково. Красные лучи, как мы знаем, преломляются всего слабее, поэтому их фокус расположен дальше всего от линзы. Наоборот, фиолетовые и синие лучи преломляются всего сильнее — их фокус будет ближе всего к линзе.

Рисунок 80 поясняет явление хроматической aberrации. Расстояние между точками пересечения желтых и синих лучей называется фокусной разницей.

Диафрагмирование способствует уменьшению хроматической aberrации, но не устраняет полностью ее. Поэтому при работе с объективом типа монокуля надо считаться с явлением хроматической aberrации. Дело заключается в том, что наиболее сильно действующими на глаза являются желтые лучи, поэтому наводку на резкость мы инстинктивно производим именно по этим лучам, т. е. устанавливаем матовое стекло в положении, соответствующем желтым лучам. Но так как на фотографическую пластинку, не чувствленную



80. Схема хроматической aberrации.

к желтым лучам, наиболее сильно действуют синие (и фиолетовые) лучи, — перед съемкой необходимо немного придвинуть матовое стекло к объективу, а именно — приблизительно на $\frac{1}{50}$ часть фокусного расстояния.

Более точные данные о размерах поправки в зависимости от фокусного расстояния линзы и от величины растяжения камеры при съемке приведены в следующей таблице (стр. 79).

Устранение хроматической aberrации достигается соединением собирательной линзы с рассеивательной, в результате чего получается ахроматическая линза, т. е. линза, не имеющая хроматической aberrации.

Собирательную линзу делают из кронгласа, сильно преломляющего лучи и сравнительно мало рассеивающего их, а рассеивательную — из флинтгласа, слабо преломляющего, но сильно рассеивающего. Таким образом происходит то самое явление, которое имело место в ахроматической призме.

Ахроматическая линза представляет собой один из наиболее простых типов объективов — так называемый простой ландшафтный объектив (ахроматический объектив, ахромат).

Ахроматические линзы бывают исправлены также и на сферическую aberrацию. Они дают среднюю резкость.

Растяжение меха (в см)

Фокусное расстояние (в см)	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	45	50	55	60	65	70	75	£0	
10	2	3	4	6	8																	
15			3	3	5	7	8	10	12													
20					4	5	6	8	9	11	12	14	16									
25							5	6	7	8	10	11	13	16	20							
30									6	7	8	9	11	13	17	20	24					
35											7	8	9	12	14	16	21	24	28			
40													8	10	12	15	18	21	24	28	32	
45														8	11	14	16	19	22	25	29	
50															10	12	14	17	20	23	26	

Фокусная поправка (в мм). На эту величину после наводки на фокус следует придв. матовое стекло к объективу

Работа 16. Ознакомление с хроматической аберрацией

Приготовьте: 1) электрическую полуваттную лампочку; 2) аппарат, объектив которого заменен обыкновенной двояковыпуклой линзой; 3) синее, красное и желтое стекла (стекла должны иметь густую окраску); 4) кусок картона с отверстием диаметром в 2 см.

Примечание. Если таких стекол нет, то их можно приготовить, окрасив неэкспонированные и хорошо отфиксированные пластинки синей, красной и желтой анилиновой краской.

Выполнение работы.

1. Получите на матовом стекле резкое изображение волосков лампочки. Измерьте фокусное расстояние.

2. Поместите рядом с источником света красное стекло. Проверьте по матовому стеклу резкость установки — изображение должно быть слегка нерезким. Наводите снова на резкость. Измерьте фокусное расстояние.

3. Прделайте то же самое с желтым и синим стеклом. Разница в фокусных расстояниях укажет величину хроматической аберрации.

Примечание. Изменение фокусов получается очень незначительным.

4. Наличие хроматической аберрации можно показать еще следующим образом. Помещают около источника света лист картона с отверстием. Получают на матовом стекле резкое изображение светящегося кружочка. Полученное изображение будет окружено цветным кольцом. Это кольцо может делаться красным и фиолетовым, в зависимости от того, приближаете ли вы, или удаляете матовое стекло. Этот опыт доказывает наличие хроматической аберрации.

Примечание. Как и в других работах, при изучении хроматической аберрации удобно пользоваться оптической скамьей.

§ 16. ИСКРИВЛЕНИЕ ПРЯМЫХ ЛИНИЙ—ДИСТОРСИЯ

Как простая линза, так и ахроматическая обладают существенным недостатком, который заключается в том, что прямые линии фотографируемого сюжета выходят на снимке искривленными. Вследствие этого явления, называемого дисторсией, изображение не будет геометрически подобно оригиналу, а всегда будет искажено в той или иной степени.

Это искажение является более заметным или же менее заметным в зависимости от сюжета съемки, наиболее заметным оно будет в случае архитектурных съемок, поскольку в архитектурном сооружении мы почти всегда имеем прямые линии значительной длины, — а также при фотографировании (репродукции) чертежей и т. п., — потому что в этих случаях отсутствие геометрического подобия между оригиналом и снимком будет резко бросаться в глаза.

Можно легко наблюдать явление дисторсии, если сфотографировать посредством простой линзы квадратную сетку.

При этом наблюдаются два случая, представленные на рисунках 81 и 82.

В первом случае (рис. 81), когда диафрагма расположена позади линзы, разграфленный квадрат получится в виде геометрической фигуры, состоящей из кривых линий, обращенных выпуклостью внутрь. Получается подушкообразная фигура.

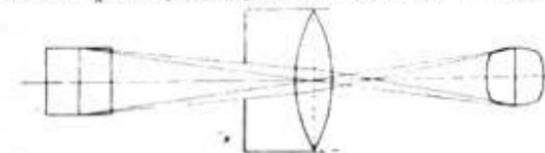
Во втором случае (рис. 82), когда диафрагма расположена перед линзой, разграфленный квадрат получится в виде геометрической фигуры, состоящей также из кривых линий, но обращенных выпуклостью наружу. Получается боченкообразная форма.

Как видно из рисунков, искривление линий увеличивается от центра снимков к краям.

Из сказанного относительно влияния, которое оказывает на дисторсию положение диафрагмы, видно, что этот недостаток тесным образом связан с наличием диафрагмы.

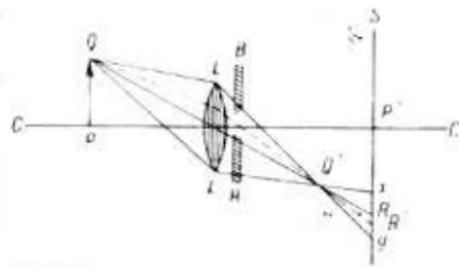
Объясняется он следующим образом. На рисунке 83 линия CC^1 представляет собой оптическую ось линзы. Пусть PQ представляет собой фотографируемый предмет, и пусть экран S (матовое стекло или пластинка) расположен так, что изображение P' точки P как раз находится в фокусе.

Вследствие того, что края матового стекла расположены от линзы дальше, чем его середина, лучи, исходящие из точки Q нашего предмета, пересекутся (или теснее всего сойдутся) за линзой в точке Q^1 , которая находится ближе, чем экран (о причинах этого явления более подробно говорится ниже), и затем

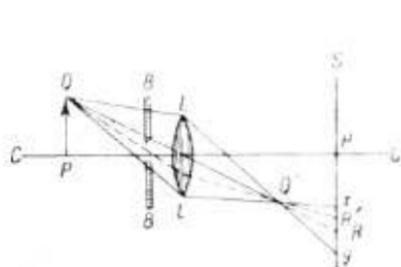


82. При положении диафрагмы впереди объектива стороны квадрата рисуются выпуклыми.

из точки Q нашего предмета, пересекутся (или теснее всего сойдутся) за линзой в точке Q^1 , которая находится ближе, чем экран (о причинах этого явления более подробно говорится ниже), и затем



83. Объяснение явления дисторсии. Диафрагма позади линзы.



84. Объяснение явления дисторсии. Диафрагма впереди линзы.

пойдут расходящимся пучком. В результате на матовом стекле или пластинке получится некоторый диск (пятно), диаметр которого выражается отрезком XU и центр которого находится в точке R .

Представим себе теперь, что позади линзы расположена диафрагма. Тогда уже не весь конус лучей, исходящих из точки Q и падающих на объектив, получит доступ к пластинке, а только небольшая часть этих лучей. Один из этих лучей, именно—центральный, пересечет

плоскость S в точке R' , и все лучи, прошедшие через отверстие диафрагмы, дадут в плоскости экрана некоторый диск с центром в точке R' . Таким образом в результате наличия диафрагмы, расположенной позади линзы, получится некоторое искажение в положении изображения точки Q . Изображение R' этой точки будет смещено на величину RR' от центра снимка (точки P'), чем и объясняется подушкообразная форма изображения квадрата, приведенная выше.

На рисунке 84 представлен второй случай—когда диафрагма расположена перед линзой. В этом случае изображение получится в точке R' , которая расположена ближе к центру снимка, чем точка R . Таким образом здесь мы будем иметь смещение RR' в направлении от краев снимка к центру. Этим и объясняется бочкообразная форма изображения квадрата, приводимая выше.

Устранение дисторсии достигается комбинацией двух простых или ахроматических линз, расположенных одна против другой, причем диафрагма расположена между ними. В этом случае получается объектив, как бы состоящий из двух отдельных объективов, у одного из которых диафрагма расположена позади, а у другого—перед ним. Ввиду противоположного характера действия обеих линз дисторсии взаимно компенсируются.

Если взять две одинаковых вогнутовыпуклых линзы, так называемые мениски, то получается тип симметричного объектива, называемый перископом, в котором сферическая и хроматическая абберации не устранены. Если же взять две одинаковые ахроматические линзы, то получается тип симметричного объектива, называемый апланатом. Изображение, в котором отсутствует дисторсия, называется ортоскопичным, а свойство объектива давать такое изображение—ортоскопичностью.

Работа 17. Ознакомление с дисторсией

Приготовьте: 1) аппарат, объектив которого заменен обыкновенной двояковыпуклой линзой; 2) картонную диафрагму (с отверстием, равным половине диаметра линзы), которую можно было бы надевать на линзу снаружи и внутри камеры; 3) квадрат размером 8×8 см, разделенный на 16 квадратиков.

Выполнение работы.

1. Получите на матовом стекле резкое изображение квадрата почти в натуральную величину (если позволит растяжение камеры). При положении диафрагмы впереди линзы, на расстоянии 1—1,5 см, квадрат примет бочкообразный вид.

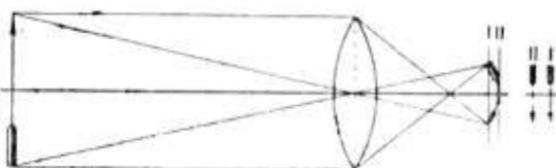
2. Поместите диафрагму позади объектива на таком же расстоянии и получите снова резкое изображение. Квадрат примет подушкообразную форму.

Этим вы докажете наличие дисторсии у обыкновенной линзы.

§ 17. ИСКРИВЛЕНИЕ ПОЛЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Следующим недостатком, которым обладает обыкновенная линза, является искривление поля изображения. Это явление заключается в том, что изображение предмета получается не плоское, а изогнутое. Так например стрелка AB , представленная на

рисунке 85, дает изображение в виде изогнутой стрелки *ab*. Таким образом для того чтобы изображение на матовом стекле (и на фотографической пластинке) получилось резким во всех своих частях, нужно, чтобы матовое стекло (и пластинка) было не плоским, а изогнутым. Но так как изготовление подобных стекол и пластинок трудно и пользование ими крайне неудобно, то применяют, как нам известно, всегда матовые стекла и пластинки плоские. Из рисунка видно, что изображение получается резким в центре и нерезким по краям, если поместить пластинку в положение I и обратно, изображение будет резким по краям и нерезким в центре, если пластинка займет положение II.



85. Кривизна поля изображения. При положении матового стекла I резко получается центральная часть стрелки, нерезко—края. При положении II, наоборот, резко получаются края, нерезко—центр.

Работа 18. Ознакомление с явлением искривления поля изображения

Приготовьте: 1) аппарат, у которого объектив заменен обыкновенной линзой, 2) стрелку высотой в 8 см, а шириной в 4 см; она должна быть заштрихована линиями средней толщины; расстояние между штриховкой должно быть 3—5 мм.

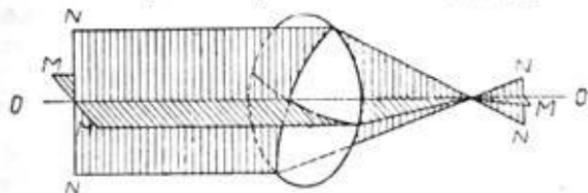
Выполнение работы

1. Прикрепите к стенке вычерченную стрелку и попробуйте получить резкое изображение.
2. Вы убедитесь, что сможете получить резкими или края стрелки при нерезкой середине, или, наоборот, резкой середину при нерезких краях.

Этим способом вы докажете наличие у линзы искривления поля изображения.

§ 18. АСТИГМАТИЗМ

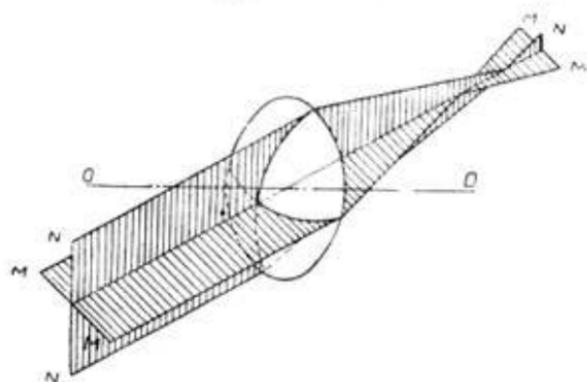
Явление астигматизма наблюдается для лучей, которые идут от точек, расположенных сбоку от оптической оси, т. е. от тех точек, изображения которых получаются не в центре, но более или менее близко к краям матового стекла; при этом, чем ближе к краю матового стекла находится изображение точки, тем в более сильной степени для нее наблюдается явление астигматизма.



86. Лучи, идущие параллельно оптической оси, не дают астигматической разности.

Практически сущность астигматизма заключается в том, что невозможно по краям изображения получить одновременно резкими вертикальные и горизонтальные линии. Если получаются резкими горизонтальные линии, то выйдут нерезкими вертикальные

и наоборот. Вкратце сущность астигматизма можно пояснить следующим образом. Представим себе светящуюся точку, расположенную на главной оптической оси объектива. Проведем через ось две плоскости: вертикальную (рис. 86), расположенную в плоскости чертежа, и горизонтальную — перпендикулярную к плоскости чертежа. Все лучи, идущие от светящейся точки в первой (вертикальной) плоскости, соберутся после преломления в некоторой точке. В той же самой точке соберутся лучи, идущие в горизонтальной плоскости, потому что обе плоскости совершенно идентичны в смысле их расположения относительно центра линзы и в пересечении с ее поверхностью дают окружности одинаковой кривизны.



87. Схема астигматизма.

Иная картина будет наблюдаться, если светящаяся точка расположена сбоку главной оптической оси, как это представлено на рисунке 87. Здесь две взаимно перпендикулярные плоскости пересекут поверхность линзы по кривым различной кривизны. Поэтому точки пересечения лучей, идущих в одной из этих плоскостей, не совпадут с

точкой пересечения лучей, идущих в другой плоскости. В зависимости от положения плоскости матового стекла в сечении получится или горизонтальная линия, или вертикальная, в промежуточном же положении получится нерезко очерченный крест. Ни при каком положении плоскости матового стекла не получится точка, откуда и название „астигматизм“, что значит — бесточие. Объективы, у которых устранен астигматизм и все вышеизложенные недостатки линз, называются астигматами.

Работа 19. Ознакомление с сущностью астигматизма

Приготовьте: 1) аппарат, имеющий объективом простую линзу или перископ, ландшафтную линзу, апланат, 2) маленький никелированный шарик (он может быть заменен шариком ртутного термометра) и 3) полуваттную лампочку, окрашенную в черный цвет, с оставленным на ней довольно тонким прозрачным крестом.

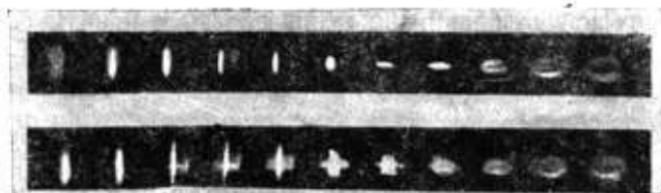
Выполнение работы.

1. Поместите шарик так, чтобы он был освещен солнцем, и наведите на него фотографический аппарат при полном отверстии объектива таким образом, чтобы изображение шарика получилось в центре матового стекла; изображение это будет иметь вид маленькой точки.

2. Теперь немного поверните камеру для того, чтобы изображение шарика пришлось сбоку матового стекла, — это изображение делается нерезким и получит крестообразную форму.

3. Теперь посредством перемещения матового стекла постарайтесь получить резкое изображение точки. Оказывается, что при приближении матового стекла к объективу получается форма вертикально расположенная резкой черточки, а при удалении получается горизонтальная черточка. Таким образом изображение точки на матовом стекле меняется следующим образом: сначала—вертикальная линия (которая при известном положении матового стекла будет резкой), потом постепенно она превращается в крестик с менее ясными очертаниями, и в дальнейшем получается резкая горизонтальная линия, но ни при каком положении матового стекла изображение не будет представлять собой точку (рис. 88).

4. При пользовании зачерненной лампочкой с прозрачным крестом надо объектив закрыть диафрагмой с боковым отверстием. Тогда можно будет получить резкое изображение или вертикальной линии креста при нерезкой горизонтальной, или же наоборот.



88. Последовательные изменения изображения точки вследствие явления астигматизма.

5. Можно также наблюдать астигматизм, если навести аппарат на какой-нибудь отдаленный предмет, в котором имеются достаточно ясно выраженные вертикальные и горизонтальные линии, например переплеты оконных рам или какие-либо другие. Производя установку и наводку аппарата таким образом, чтобы интересующие нас вертикальные и горизонтальные линии пришлись в центре матового стекла, вы увидите, что и те и другие линии получаются резкими.

Если теперь несколько повернете аппарат, как и в предыдущем опыте, с тем, чтобы изображение пришлось ближе к краю матового стекла, то не сможете достигнуть одновременной резкости вертикальных и горизонтальных линий. Если же достигнете посредством соответствующей наводки резкости горизонтальных линий, то вертикальные будут нерезкими и наоборот. Очевидно что это явление связано с астигматизмом. Когда, при известном положении матового стекла, все точки будут изображены в виде горизонтальных черточек (как это нам известно из предыдущего опыта), резкими будут горизонтальные линии; когда же точки получатся в виде вертикальных черточек, сделаются резкими линии вертикальные, а горизонтальные станут нерезкими, потому что каждая точка горизонтальной линии представится в виде вертикальной черточки, т. е. черточки, расположенной перпендикулярно к самой линии.

Так как явление астигматизма наблюдается сравнительно трудно, при опытах (когда наблюдаете изображение на матовом стекле и делаете наводку на резкость) лучше пользоваться лупой.

6. Для исследований астигматизма можно пользоваться также особыми испытательными таблицами с нанесенными на них тонкими

горизонтальными и вертикальными линиями; фотографируя подобные таблицы при помощи апланата, можно убедиться в том, что если на полученной фотографии получились резко вертикальные линии, то горизонтальные будут нерезкими, и наоборот.

7. Если указанные опыты попытаться проделать с анастигматом, то окажется, что изображение шарика будет иметь форму точки и в центре и с края матового стекла; точно так же изображение вертикальных и горизонтальных линий будет одновременно одинаково резким не только в центре, но и с края матового стекла.

ГЛАВА IV

ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЪЕКТИВА

Всякий фотографический объектив характеризуется несколькими важнейшими свойствами. Эти свойства должны быть хорошо известны, и их нужно правильно использовать в практической работе.

§ 19. ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ ОБЪЕКТИВА

Подобно тому как обыкновенная линза имеет определенное фокусное расстояние, точно так же имеет его и фотографический объектив, только у него фокусное расстояние считается от некоторой точки, положение которой у объективов различной конструкции неодинаково. Практически можно считать фокусное расстояние от плоскости диафрагмы в том случае, когда она находится между линзами объектива.

Работа 20. Определение фокусного расстояния объектива различными способами

Приготовьте: 1) аппарат, 2) кусок бумаги в форме квадрата со стороной, меньшей размера матового стекла и 3) линейку с миллиметровыми делениями.

1-й способ. Фокусное расстояние можно определить по формуле:

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f},$$

где D есть расстояние от линзы до предмета, d — расстояние от линзы до изображения и f — фокусное расстояние, которое мы ищем.

Для решения задачи произведите наводку по матовому стеклу на какой-нибудь близкий предмет и затем измерьте расстояние D и d ; расстояние d , когда диафрагма находится между линзами объектива, определяется от плоскости диафрагмы.

2-й способ. Наведите аппарат на очень удаленный предмет, добившись максимальной резкости, и измерьте расстояние от плоскости диафрагмы до плоскости матового стекла. Это даст вам фокусное расстояние.

Примечание. В этом случае используется та же зависимость, что и в первом (выражаемая вышеприведенной формулой), но при этом величину D можно практически считать бесконечно большой, т. е. обрат-

ную величину $\frac{1}{D}$ можно считать практически равной нулю, а следовательно $\frac{1}{d} = \frac{1}{f}$, а потому $d = f$.

3-й способ. 1) Как и в предыдущем случае, произведите наводку на очень удаленный предмет и отметьте на основной доске аппарата положение матового стекла. 2) Наклейте на оконное стекло квадратный кусок бумаги и сделайте наводку таким образом, чтобы изображение получилось в натуральную величину. 3) Размеры изображения измерьте линейкой или циркулем. 4) После того как установка достигнута, вновь отметьте положение матового стекла. Расстояние между двумя полученными отметками равняется фокусному расстоянию объектива. Способ имеет то преимущество по сравнению с предыдущим, что не требует измерения положения плоскости диафрагмы. 5) На основании законов построения изображений линзой объясните, на чем основан описанный способ.

4-й способ. 1) Не нарушая установки аппарата, полученной в предыдущем опыте, измерьте возможно точнее расстояние от стекла, на котором наклеен кусок бумаги, до матового стекла. (При измерении расстояния между этими двумя плоскостями необходимо брать это расстояние по прямому направлению, т. е. кратчайшее расстояние.) Если разделить полученное расстояние на 4, то получится величина фокусного расстояния. 2) Объясните, на чем основан этот способ.

5-й способ. Наведите аппарат на очень удаленный предмет и отметьте положение матового стекла. Затем сделайте наводку на кусок бумаги так, чтобы получить его в каком-нибудь уменьшенном размере, но не в натуральную величину. Измерьте величину изображения (mn) и снова отметьте положение матового стекла. Пусть расстояние между двумя сделанными отметками равно C . Если размер предмета, т. е. сторона нашего квадрата равна MN , размер изображения равен mn , то фокусное расстояние определяется по формуле:

$$f = \frac{MNC}{mn}.$$

Это соотношение можно легко доказать геометрически (рис. 89), проведя из точки M луч, параллельный оптической оси, и затем луч, проходящий через главный фокус. Тогда из подобных треугольников $M'OI'$ и mpI' сразу найдем указанное соотношение:

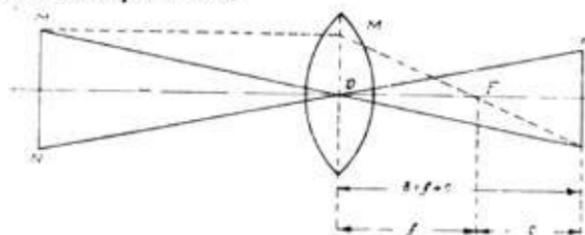
$$\frac{f}{M'O} = \frac{C}{mp},$$

откуда

$$f = \frac{C \cdot M'O}{mp} = \frac{C \cdot MN}{mn}.$$

Фокусное расстояние объектива обыкновенно обозначается латинской буквой f или F , иногда русской Φ . Величина фокусного расстояния обычно выражается в сантиметрах. Как мы увидим далее, величина фокусного расстояния оказывает существенное влияние на свойства объектива.

От фокусного расстояния зависит прежде всего величина изображения фотографируемых предметов: чем меньше фокусное расстояние объектива фотокамеры (т. е. чем меньше сама камера), тем мельче изображение, и наоборот—чем больше фокусное расстояние, тем крупнее изображение.



89. Определение фокусного расстояния объектива.

На рисунке 90 схематически представлена зависимость величины изображения предмета от фокусного расстояния. Для простоты рассуждения мы берем тот случай, когда фотографируемый предмет находится настолько далеко, что его изображение

получается в главном фокусе. Если обозначить величину предмета через A (см. верхнюю часть рисунка 90), величину изображения через a , расстояние от предмета до объектива через D , а расстояние от объектива до изображения через f , то:

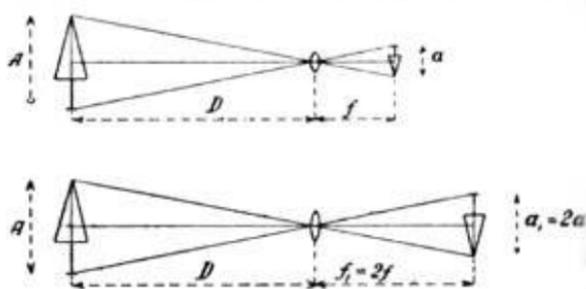
$$a : A = f : D,$$

т. е. a во столько раз меньше A , во сколько f меньше D . Так например, если фокусное расстояние объектива f равно 10 см, а расстояние до предмета D равно 50 м, то значит фокусное расстояние в 500 раз меньше расстояния до предмета, а следовательно и изображение предмета a будет в 500 раз меньше его натуральной величины A . В нижней части той же фигуры представлен случай фотографирования того же самого предмета и с такого же расстояния, но фокусное расстояние объектива вдвое больше, чем в предыдущем случае, т. е. $f_1 =$

$=20$ см. Таким образом фокусное расстояние в 250 раз меньше, чем расстояние до предмета съемки, а следовательно изображение предмета получится также в 250 раз меньше его натуральной величины, т. е. вдвое более, чем в предыдущем случае.

Точно так же объектив с фокусным расстоянием, втрое большим, чем другой, дает изображение втрое крупнее и т. д.

Значение фокусного расстояния заключается однако не только в том, что оно влияет на величину изображения. Оно оказывает влияние и на другие свойства объектива, прежде всего на его светосилу.



90. Зависимость величины изображения от фокусного расстояния. Один и тот же предмет фотографируется с одного и того же расстояния двумя объективами, причем у второго (на рисунке—нижнего) объектива фокусное расстояние вдвое больше. Изображение во втором случае получится также вдвое больше.

Отношение величины изображения к величине предмета называется масштабом изображения— M . Согласно сказанному выше:

$$M = \frac{a}{A} = \frac{f}{D}.$$

Отсюда видно, что масштаб изображения можно определить двояким способом: или разделив величину изображения на величину предмета, или разделив фокусное расстояние на расстояние до снимаемого предмета. Если снимается близко расположенный предмет, то вместо f очевидно нужно взять расстояние от пластинки до объектива, при съемке в натуральную величину это расстояние равно $2f$, и D также $2f$. Поэтому $M = 1$ и $a = A$.

УПРАЖНЕНИЯ

1. Определить масштаб изображения объекта высотой в $1,5$ м, если размер изображения его равен $1,5$ см.

2. С какого расстояния нужно фотографировать объект, чтобы получить его в масштабе $1/50$, причем известно, что фокусное расстояние объектива равно 10 см?

3. Как (во сколько раз) изменится масштаб изображения, если:

а) фокусное расстояние камеры увеличим вдвое при прочих равных условиях?

б) фокусное расстояние уменьшим вчетверо;

в) расстояние до объекта увеличится втрое при прочих неизменных условиях;

г) расстояние до объекта уменьшим в полтора раза.

§ 20. СВЕТОСИЛА И ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ОТВЕРСТИЕ ОБЪЕКТИВА

Одним из важнейших свойств объектива является его светосила, или относительное отверстие. Светосилой объектива называется способность объектива освещать фотографическую пластинку с определенной силой—сообщать ей большую или меньшую яркость освещения. Чем сильнее (ярче) освещена пластинка, т. е. чем большее количество световых лучей падает на нее через объектив, тем больше считается светосила объектива.

Последняя, как мы сейчас докажем, зависит от двух причин, а именно—от диаметра отверстия объектива и от его фокусного расстояния.

1. Светосила объектива тем больше, чем больше диаметр его отверстия. Действительно, если в объектив, имеющий определенный диаметр отверстия, падает определенное количество света, то в объектив с диаметром вдвое меньшим попадет вчетверо меньше количество света при полном равенстве других условий, а следовательно яркость освещения пластинки будет вчетверо меньше. Ясно, что количество света, проходящего через объектив, пропорционально площади его отверстия, т. е. пропорционально квадрату его диаметра. Таким образом светосила прямо пропорциональна квадрату диаметра отверстия объектива.

На рис. 91 приведены объективы с различными диаметрами отверстия, имеющие (при одинаковом фокусном расстоянии) различные светосилы.

2. Светосила объектива тем меньше, чем больше фокусное расстояние.



91. Зависимость светосилы от диаметра отверстия объектива при одном и том же фокусном расстоянии.

расстоянием, вдвое большим, чем в предыдущем случае. Из предыдущего изложения читателю известно, что каждая сторона квадрата во втором случае вдвое больше, чем в первом, а следовательно площадь квадрата будет во втором случае вчетверо больше, чем в первом.

Что же касается количества света, которое попадает в объективы от квадрата в первом и во втором случае, то оно будет одно и то же, если диаметры действующих отверстий объективов равны, как это и показано на рисунке. Следовательно одно и то же количество света освещает во втором случае площадь, вчетверо большую, чем в первом, — значит яркость освещения во втором случае вчетверо меньше, чем в первом. Поэтому можно сказать, что светосила второго объектива вчетверо меньше, чем светосила первого. Точно так же, если бы у второго объектива фокусное расстояние было в 3 раза больше, чем у первого, светосила его была бы в 9 раз больше и т. д.

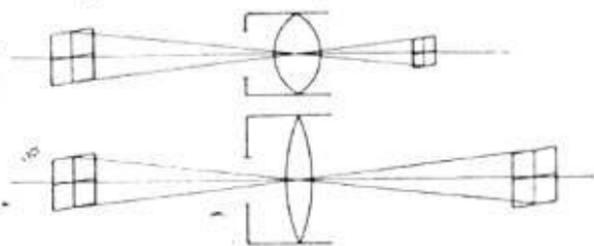
Таким образом яркость освещения пластинки, а следовательно и светосила объектива обратно пропорциональны квадрату фокусного расстояния.

На основании двух изложенных зависимостей мы можем написать:

$$\text{Светосила} = \frac{d^2}{f^2}.$$

В частном случае, когда $d=f$, т. е. диаметр действующего отверстия равен фокусному расстоянию, светосила будет равна единице. Светосила, равная единице, является очень большой; за границей построены объективы, у которых диаметр объектива больше фокусного расстояния. Обычно же употребляются объективы, у которых фокусное расстояние более или менее превышает диаметр, т. е. светосила меньше единицы.

Этот закон подтверждается наглядно следующим чертежом (рис. 92). Один и тот же предмет, например квадрат, при съемке более короткофокусным аппаратом изобразится на пластинке квадратом, меньшим, чем при съемке другим объективом, с фокусным



92. Зависимость светосилы от величины фокусного расстояния.

Говоря о светосиле и ее численном выражении, нужно прежде всего указать, что обыкновенно пользуются не отношением $\frac{d^2}{f^2}$, а более простым: $\frac{d}{f}$. Это последнее можно представить в таком виде:

$\frac{1}{f:d}$, т. е. в виде дроби с числителем, равным единице, и знаменателем, показывающим, во сколько раз f больше d . Отношение $\frac{d}{f}$ называется относительным отверстием объектива.

Относительное отверстие равно $\frac{d}{f}$.

Часто вместо того чтобы называть величину $\frac{d}{f}$ относительным отверстием, называют ее также светосилой объектива, что неправильно, но вошло в употребление.

Обыкновенно светосила объектива сокращенно обозначается так: например, $F:4,5$ вместо того, чтобы писать: $\frac{1}{4,5}$.

При сравнении светосил двух объективов необходимо очевидно брать отношение двух выражений.

$$\frac{d_I^2}{f_I^2} \text{ и } \frac{d_{II}^2}{f_{II}^2},$$

где d_I и f_I — диаметр отверстия и фокусное расстояние первого объектива, а d_{II} и f_{II} — второго.

Полученное число покажет, во сколько раз светосила первого объектива больше (или меньше) светосилы второго.

Пусть например один объектив имеет светосилу $F:4,5$, а другой $F:7,7$. Чтобы определить, во сколько раз первый объектив светосильнее второго, надо обе светосилы возвести в квадрат и потом разделить первое число на второе:

$$\left(\frac{1}{4,5}\right)^2 = \frac{1^2}{4,5^2} = \frac{1}{20,3}, \text{ или, круглым числом, } \frac{1}{20};$$

$$\left(\frac{1}{7,7}\right)^2 = \frac{1^2}{7,7^2} = \frac{1}{59,3}, \text{ или, круглым числом, } \frac{1}{60};$$

$$\frac{1}{20} : \frac{1}{60} = \frac{60}{20} = 3.$$

Следовательно первый объектив в три раза светосильнее второго, т. е. он освещает пластинку втрое ярче, чем второй. А это означает, что при работе первым объективом экспозиция должна быть втрое меньше, чем при работе вторым объективом, при тех же самых условиях съемки в обоих случаях.

Читателю предлагается проделать следующие три примера.

УПРАЖНЕНИЯ

1. $\frac{d}{f} = \frac{1}{4,5}$; $\frac{d}{f} = \frac{1}{6,3}$. Определить, во сколько раз первый объектив светосильнее второго.

Ответ: почти в два раза.

2. $\frac{d}{f} = \frac{1}{4}$; $\frac{d_1}{f_1} = \frac{1}{8}$. Определить, во сколько раз первый объектив светосильнее второго.

Ответ: в четыре раза.

3. $\frac{d}{f} = \frac{1}{6,3}$; $\frac{d_1}{f_1} = \frac{1}{9}$. Определить, во сколько раз первый объектив светосильнее второго.

Ответ: почти в два раза.

§ 21. ЯРКОСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Как мы видели выше, яркость изображения, получаемая на матовом стекле, пропорциональна светосиле изображения. Однако на яркость изображения, помимо диаметра отверстия объектива и фокусного расстояния, оказывают влияние еще и другие факторы. Некоторое количество света, в зависимости от толщины линз объектива и свойств стекла, поглощается, что уменьшает эффективную светосилу объектива и яркость отбрасываемого им изображения. Кроме того часть световых лучей, встречая поверхности соприкосновения с воздухом отдельных, несклеенных линз объектива, отражается. Это отражение может многократно повторяться, и в результате часть световых лучей выходит обратно из объектива, а часть проходит через объектив и встречает поверхность пластинки в различных точках, вызывая в этих местах осветление изображения. Это вредное влияние посторонних лучей ухудшает качество изображения, уменьшая его контрастность. Всего меньше описанное явление замечается у простых объективов, так как здесь имеются всего две поверхности соприкосновения стекла с воздухом¹.

Далее следует иметь в виду, что яркость освещения пластинки уменьшается от центра к краям. Действительно, если смотреть через объектив вдоль его главной оптической оси, то глаз получит наибольшее количество света. Если же отвести глаз в сторону, то количество проходящих через объектив лучей уменьшится. Следовательно освещенность краев пластинки в фотографическом аппарате значительно меньше, чем освещенность центра.

Наконец надо еще указать, что яркость освещения зависит от расстояния пластинки от объектива. В случае съемки отдаленных предметов это расстояние равняется фокусному расстоянию объектива f или отличается от него на очень небольшую величину, которой вполне можно пренебречь. Но при съемке близких предметов, а тем более при съемке в натуральную величину или же при увеличениях вместо f очевидно необходимо брать и учитывать действительное расстояние от пластинки до объектива. Таким образом для определения светосилы нужно вычислить не величину $\frac{d^2}{f^2}$, а $\frac{d^2}{R^2}$, где R — расстояние от пластинки до объектива. Так например, когда мы фо-

¹ Подробности по этому вопросу читатель может найти в книге Е. Гольдберг, „Построение фотографического изображения“, перевод с немецкого, под редакцией проф. Рабиновича. Изд. „Огонек“, 1929 г.

тографируем объект в натуральную величину, вместо f мы должны брать величину $2f$ —двое большую. Поэтому светосила уменьшится вчетверо, а значит экспозицию нужно вчетверо увеличить.

§ 22. СИСТЕМЫ НУМЕРАЦИИ ДИАФРАГМ

Светосила данного объектива при полном отверстии диафрагмы есть величина неизменная, но она может изменяться посредством диафрагмирования.

На оправе объектива мы всегда имеем ряд чисел—систему нумерации диафрагмы.

Числа эти показывают светосилу объектива при данном положении диафрагмы. Таким образом, если указатель поставить например на то деление, которое обозначено числом 9,—это значит, что при таком положении относительное отверстие, или светосила задиафрагмированного объектива, равна $1:9$. Положения делений с числами рассчитаны таким образом, что при переходе от одного числа, а именно—от большего относительного отверстия (например 3,2) к следующему за ним меньшему (4,5) экспозиция увеличивается вдвое. Такой способ наиболее удобен в практическом отношении.

В настоящее время наиболее распространенной является система Штольце. Она употребляется на большинстве немецких объективов, на которых показаны относительные отверстия (нижний ряд чисел приводимой дальше таблицы). Наибольшее относительное отверстие по этой системе равно 3,2. Экспозиция при этом относительном отверстии принимается за единицу. Каждое последующее относительное отверстие больше предыдущего в 1,4 раза, например $3,2 \times 1,4 = 4,5$, а соответствующая экспозиция больше (предыдущей) в 2 раза.

Приводим эту систему в виде таблицы.

Нумерация диафрагм по системе Штольце

Относительные экспозиции	1	2	4	8	16	32	64
Относительные отверстия (диафрагмы) .	3,2	4,5	6,3	9	12,5	18	25

Пользование этой таблицей заключается в следующем.

Пусть например по условиям съемки при относительном отверстии (светосиле $F:9$), т. е. при установке на деление, помеченное цифрой 9, требуется экспозиция в 10 сек. Надо определить, какова должна быть экспозиция при диафрагме $\frac{1}{25}$.

По таблице видно, что при диафрагме 9 относительная экспозиция 8, а при диафрагме $\frac{1}{25}$ она равна 64, т. е. в 8 раз больше; следовательно: $10 \text{ сек.} \times 8 = 80 \text{ сек.}$, или 1 мин. 20 сек.

УПРАЖНЕНИЯ

1. Пусть при диафрагме 6,3 требуется экспозиция, равная 5 сек. Какова должна быть экспозиция при диафрагме $\frac{1}{25}$?

Решение

$64:4=16$; 5 сек. $\times 16=1$ мин. 20 сек.

2. Диафрагма 12,5. Экспозиция 2 сек. Какова экспозиция при диафрагме $\frac{1}{4,5}$?

Ответ: $\frac{1}{4}$ сек.

3. Диафрагма 18. Экспозиция 1 мин. Какова экспозиция при диафрагме $6,3$?

Ответ: $\frac{1 \text{ мин.}}{8} = 7 \text{ сек.}$

Другая употребительная система нумерации — английская. Она применяется на объективах английских и американских, а также у новых объективов Цейсса. На объективе выгравированы относительные отверстия (нижний ряд чисел приводимой таблицы).

Английская система нумерации диафрагм

Относительные экспозиции	1	2	4	8	16	32	64
Относительные отверстия (диафрагмы)	4	5,6	8	11,3	16	22,6	32

Как видно из таблицы, в английской системе нумерации за единицу принимается экспозиция, соответствующая диафрагме 4.

Пользование этой таблицей вполне сходно с пользованием предыдущей таблицы.

Упражнения

1. Пусть при диафрагме 5,6 требуется экспозиция $\frac{1}{25}$ сек. Какова должна быть экспозиция при диафрагме 16?

Решение

$$16 : 2 = 8; \quad \frac{1}{25} \times 8 = \frac{8}{25}$$

или приблизительно $\frac{1}{3}$ сек.

2. Пусть при диафрагме 22,6 требуется экспозиция 1 сек. Какова должна быть экспозиция при диафрагме 5,6?

Решение

$$32 : 2 = 16; \quad 1 \text{ сек.} : 16 = \frac{1}{16} \text{ сек.}$$

Следует указать, что пользование диафрагмой осложняется вследствие того обстоятельства, что существуют еще и другие системы нумерации диафрагм, а кроме того некоторые фирмы указывают на объективах не относительные отверстия, а относительные экспозиции (верхние ряды чисел, приведенных выше таблиц или других систем нумерации); наконец иногда указываются еще, кроме приведенных чисел, промежуточные.

Очевидно, что прежде чем пользоваться диафрагмой, надо уяснить себе, что дано на объективе — относительные отверстия или относительные экспозиции. Согласно ранее изложенному, надо посмотреть, как возрастают эти числа: если они увеличиваются вдвое, это указывает на то, что они обозначают относительные экспозиции; если же они возрастают от одного к другому в 1,4 раза (причем, как

видно из таблиц, некоторые из этих чисел имеют десятичный дробный знак), то это относительные отверстия (светосилы).

Кроме того значение чисел можно выяснить еще так: измерить диаметр диафрагмы (d) при установке ее на определенное деление шкалы и полученное число разделить на фокусное расстояние объектива (f) тем самым мы найдем относительное отверстие $\frac{d}{f}$. Если

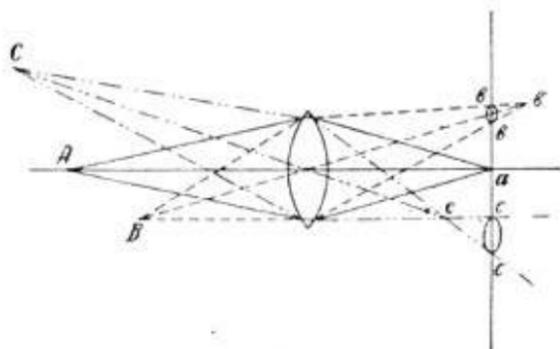
полученное в результате деления число приблизительно равно тому, на которое была сделана установка диафрагмы по шкале¹, значит на последней указаны именно относительные отверстия. Расчет этот лучше сделать для нескольких положений диафрагм (потому что в отдельных случаях числа для относительных отверстий и для относительных экспозиций равны или почти равны, в чем можно убедиться из рассмотрения вышеприведенных таблиц). Исходя из изложенного, определите систему нумерации диафрагмы объектива вашего фотоаппарата.

§ 23. ГЛУБИНА РЕЗКОСТИ

Из того, что было изложено в § 11 читатель знает, что расстояние матового стекла (на котором получается изображение) от объектива зависит от расстояния фотографируемого предмета до объектива. Чем дальше расположен предмет, тем ближе к объективу должно быть матовое стекло.

Представим себе, что мы фотографируем три предмета (точки A , B , C), которые находятся на различных расстояниях от объектива фотоаппарата (рис. 93).

Установим матовое стекло так, чтобы на нем получилось резкое изображение a предмета A . Лучи света, исходящие от предмета B , расположенного ближе к объективу, чем предмет A , пересекутся в точке b , которая находится за матовым стеклом, т. е. дальше, чем находится точка a . На матовом же стекле эти лучи дадут не точку, а некоторый кружок (или так называемый диск нерезкости oo), и та им образом глаз увидит здесь нерезкое (расплывчатое) изображение предмета B .



93. Схема, поясняющая понятие глубины резкости объектива.

Лучи же света, идущие от предмета C , расположенного дальше, чем предмет a , пересекутся после прохождения через объектив в точке c , расположенной ближе к объективу, чем точка a . После своего пересечения в точке c лучи пойдут расходящимся пучком, и на матовом стекле получится диск нерезкости cc .

¹ Некоторое расхождение возможно вследствие неточности измерений.

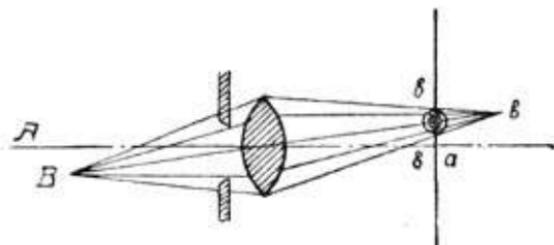
Если диски нерезкости малы, а именно—если диаметры их не превышают 0,1 мм, то глаз не различает их; но если вследствие большей разницы в расстояниях от снимаемых предметов *A*, *B* и *C* до объектива диски нерезкости становятся более значительными,—снимок получается нерезким.

Способность объектива передавать достаточно резко (т. е. так, чтобы нерезкость была незаметна для глаза) предметы, находящиеся на различных расстояниях от объектива в момент съемки, называется глубиной резкости.

Глубина резкости зависит от диаметра действующего отверстия объектива и от фокусного расстояния.

1. Чем меньше действующее отверстие (т. е. чем больше мы диафрагируем), тем больше глубина резкости.

Пример. При фокусном расстоянии в 18 см и при светосиле объектива $F:4$ при наводке на предметы, находящиеся в расстоянии 8 м, получаем резкое изображение предметов с $7\frac{1}{4}$ до $8\frac{3}{4}$ м. При тех же условиях, но при светосиле $F:16$ (т. е. при диаметре, вчетверо меньшем) получаем резкость с $5\frac{1}{2}$ до 13 м. Приведенная выше зависимость подтверждается следующим чертежом (рис. 94).



Схема, поясняющая зависимость глубины резкости от диафрагмирования.

Пусть изображение точки *A* находится в *a*, где и находится плоскость пластинки. Лучи, исходящие из *A* и пересекающиеся в *a*, мы не начертили, чтобы чертеж не был слишком запутанным. Если объектив не задиафрагмирован, то лучи, исходящие из *B* и пересекающиеся в

точке *a*, за плоскостью пластинки, дадут на этой последней диск нерезкости $\theta\theta$. Если теперь задиафрагмировать объектив, то диафрагма отсечет крайние лучи и, как ясно видно из чертежа, диск нерезкости станет меньше.

Это увеличение глубины резкости при помощи диафрагмы является одним из самых важных моментов в применении диафрагмы. Даже при использовании анастигмата, который не нуждается в диафрагмировании в смысле уменьшения aberrации, приходится для повышения глубины резкости диафрагмировать.

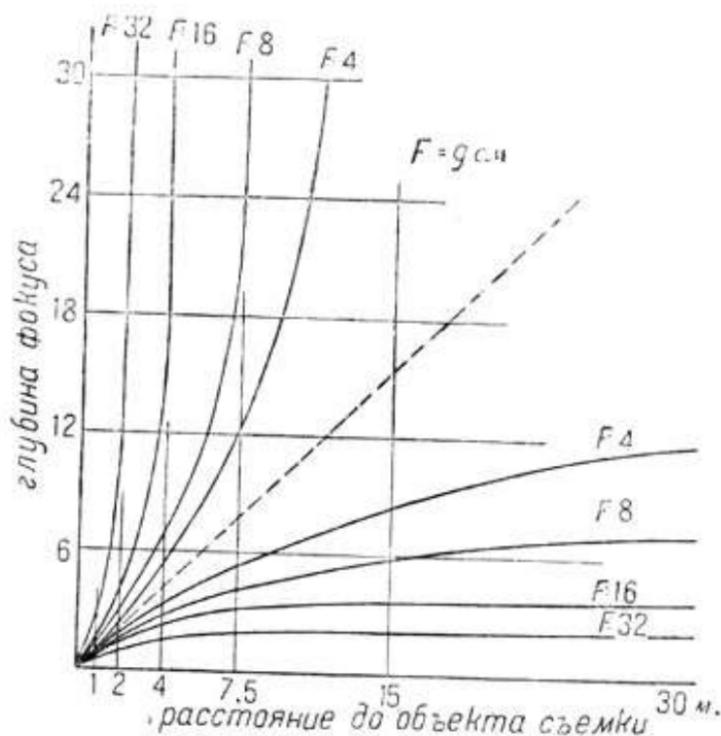
2. Чем меньше фокусное расстояние, тем больше глубина резкости.

Пример. При фокусном расстоянии в 18 см и светосиле $F:8$, т. е. при $d=2\frac{1}{4}$ см при наводке на предметы, находящиеся в расстоянии 8 м, резкость получается с 7 до 10 м, а при фокусном расстоянии в 9 см и при той же диафрагме резкость получается с $4\frac{1}{2}$ до 32 м.

Из формулы $\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f}$ нетрудно вывести, что:

$$d = \frac{Df}{D-f}.$$

Пусть фокусное расстояние $f=10$ см. Пусть мы имеем два предмета: один—на расстоянии $D_1=200$ см, другой—на расстоянии $D_2=300$ см. Подставляя эти значения в нашу формулу и производя вычисления, найдем, что расстояние $d_1=10,5$ см, а расстояние $d_2=10,2$ см; следовательно разница будет равна 0,3 см. Производя аналогичные вычисления для $f=20$ см и беря те же самые значения для D_1 и D_2 , как и в предыдущем случае, найдем, что $d_1=22,2$ см и $d_2=25$ см, т. е. разница будет около 1 см. Поэтому ясно, что поскольку во втором случае разница в положении изображения различно удаленных предметов будет больше, глубина резкости получится меньше.



95. Кривые глубины резкости для объектива с фокусным расстоянием в 9 см.

Таким образом из того, что было сказано, вытекает следующее правило.

Чтобы получить возможно большую глубину резкости, надо пользоваться короткофокусным объективом и применять диафрагмирование.

3. Глубина резкости тем больше, чем больше расстояние до снимаемого предмета.

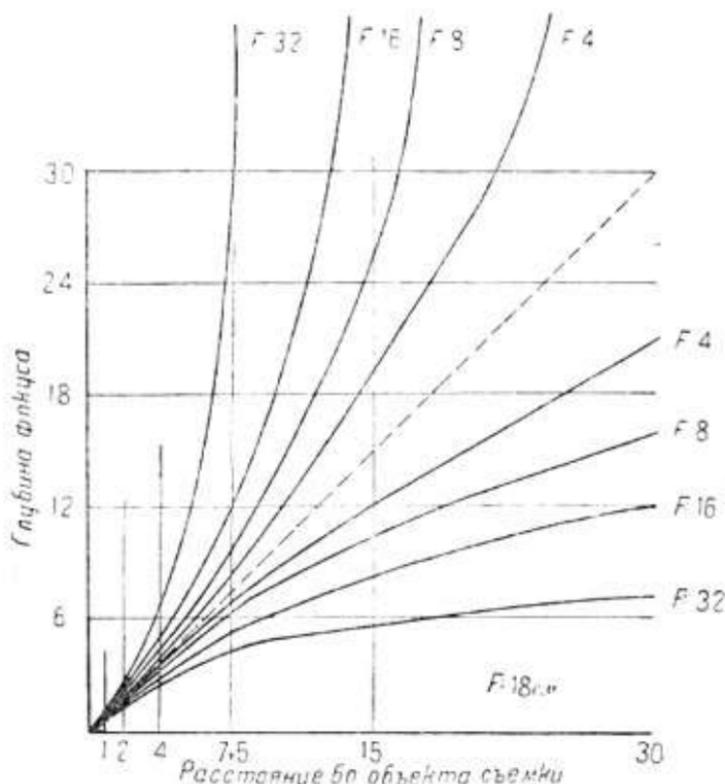
Это положение вытекает из того, что изображения сильно удаленных предметов практически все находятся в одной плоскости.

При съемке сильно отдаленных предметов (находящихся на расстоянии от объектива в 100 или более раз большем его фокусного

расстояния) получается почти одинаковая резкость для всех этих предметов.

Второе практическое указание состоит в следующем.

Для получения наилучшей глубины резкости следует производить наводку таким образом, чтобы по возможности достигалась резкость среднего и переднего плана (нерезкость переднего плана наиболее вредит впечатлению, получаемому от снимка), т. е. чтобы нерезкость отодвигалась по возможности на задний план, где она менее заметна.



96. Кривые глубины резкости для объектива с фокусным расстоянием в 18 см.

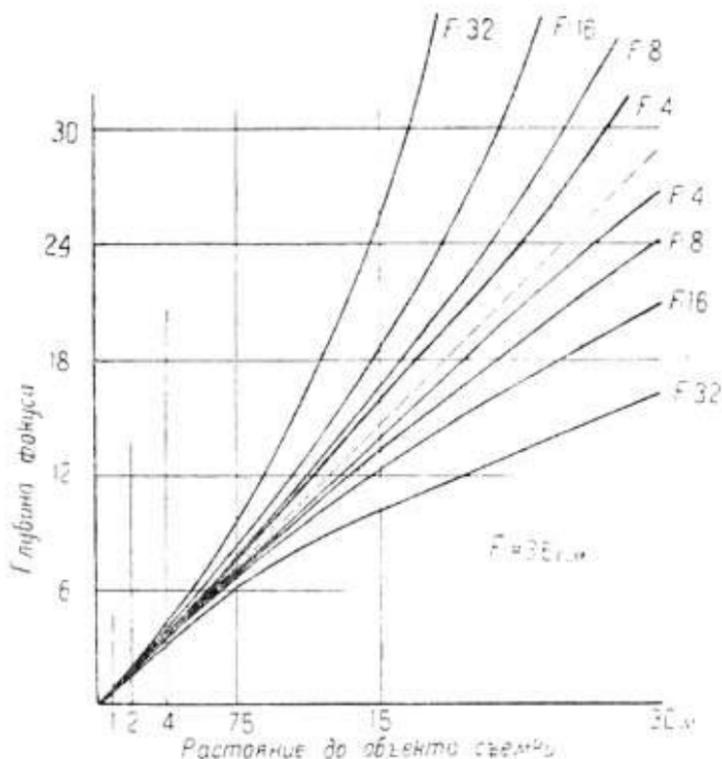
4. Глубина резкости не зависит от конструкции объектива.

Для практического учета глубины резкости используются или таблицы, вычисленные на основании определенных формул глубины резкости, или же графики, построенные на основании тех же формул (рис. 95, 96 и 97).

Пользование графиками глубины резкости несложно. Здесь приводятся графики для трех фокусных расстояний. Каждый график содержит две пересекающихся оси: горизонтальную и вертикальную. На горизонтальной оси откладываются расстояния до точки наводки, на вертикальной — глубины фокуса. Каждой диафрагме отвечают две линии, которые и используются при решении вопроса о глубине рез-

кости при данной диафрагме. Когда кривая линия становится прямой то это указывает, что глубина резкости распространяется в бесконечность.

Пусть например требуется определить глубину резкости при диафрагме $F':16$, фокусном расстоянии 9 см в случае, если точка наводки находится на расстоянии 3,8 м. Из точки пересечения вертикальной прямой с первой из кривых $F':16$ проводим горизонтальную линию до пересечения с вертикальной осью, и полученная точка пересечения укажет расстояние до ближайшей точки, которая выйдет резко. Что касается наиболее удаленной точки, которая выйдет резко, то она лежит в бесконечности, потому что наша вертикальная линия встречает вторую из кривых $F':16$ там, где она уже ста-



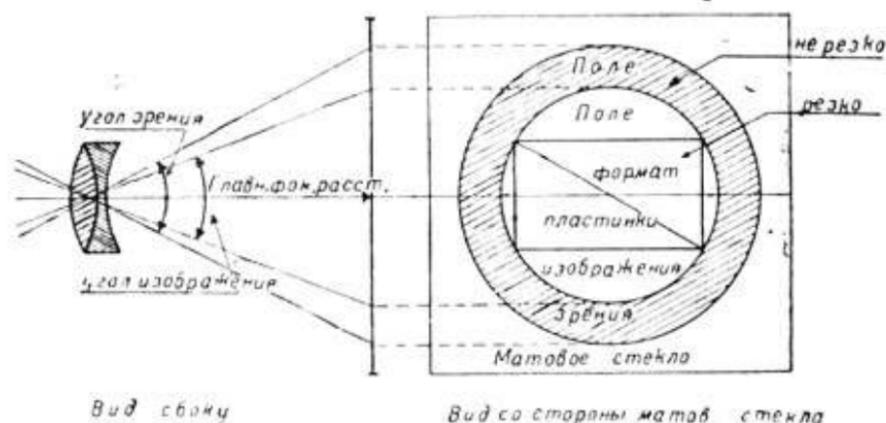
97. Кривые глубины резкости для объектива с фокусным расстоянием в 36 см.

новится прямой линией, и можно считать, что точки пересечения обеих прямых лежат в бесконечности. Подобным же образом можем видеть, что при наводке на 15 м с $F':8$ и при фокусном расстоянии в 18 см ближайшая точка, которая получится резко, находится на расстоянии 12 м, а самая дальняя—на расстоянии 24 м.

§ 24. ПОЛЕ ЗРЕНИЯ И ПОЛЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Из опыта получения изображения при помощи линзы читатель убедился в том, что это изображение имеет определенные размеры—получается определенный круг, вне которого изображения нет. Это

явление можно наблюдать также, если вставить объектив, предназначенный для аппарата определенного размера, в аппарат большего размера (например объектив аппарата 9×12 в аппарат 18×24). Та площадь, на которой объектив дает изображение, называется полем зрения объектива, а угол, который получится между двумя линиями, проведенными из центра объектива к крайним точкам поля зрения, называется углом зрения объектива. Так как по краям поля зрения изображение получится нерезким и затененным, то практически важно не самое поле зрения, а лишь его полезная часть, в которой изображение достаточно ясно и резко; эта часть называется полем изображения (или полезным полем изображения), а соответствующий угол— углом изображения (рис. 98). Поле изображения увеличивается при диафрагмировании. В наиболее совершенных объективах—анастигматах—поле изображения достигает (или почти достигает) размеров поля зрения, т. е. на всей площади, на которой получается изображение, последнее будет достаточно



98. Поле зрения и поле изображения.

резким. Понятно, что чем больше поле изображения объектива, тем большую площадь можно захватить при съемке на пластинку. Объективы с очень большим полем (и углом) изображения носят название широкоугольных объективов. Они могут быть различной конструкции (типа апланата, анастигмата и перископа). Ввиду того что они употребляются в особых случаях фотографических съемок, мы на них в дальнейшем не останавливаемся.

[ГЛАВА V

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТИВЫ

§ 25. ПРОСТЫЕ ОБЪЕКТИВЫ

Раньше уже были даны некоторые сведения о фотографических объективах. Сейчас мы остановимся на этом вопросе более подробно.

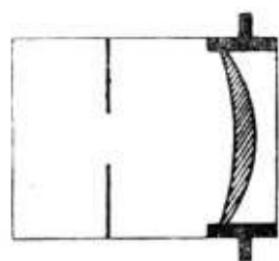
Объективы делятся на простые и двойные или сложные.

Простым называется всякий объектив, который состоит только из одной линзы или же из двух (или большего количества) линз, склеенных друг с другом в один кусок стекла, также имеющий форму собирательной линзы.

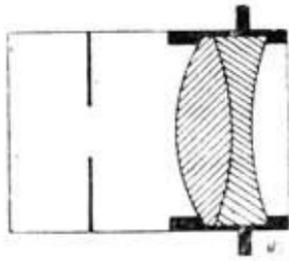
Простейшим видом такого объектива является так называемый монокуляр, представляющий собой двояковыпуклую или вогнутовыпуклую (мениск) или плосковыпуклую линзу.

Монокуляр (рис. 99) встречается лишь в самых несложных ручных аппаратах и обладает всеми недостатками простой линзы. Вследствие наличия сферической аберрации монокуляр требует диафрагмирования (причем наводку на резкость надо производить при той диафрагме, при которой делается съемка), а в связи с хроматической аберрацией — поправку при работе на фокусную разность. Вследствие наличия дисторсии монокуляр непригоден для архитектурных съемок. Благодаря малой светосиле и необходимости диафрагмирования монокуляры пригодны для съемок портретов или групп лишь при достаточно сильном освещении. Наиболее пригодны монокуляры для ландшафтных съемок. Нерезкость изображения, даваемого монокуляром, иногда используется для получения намеренно не вполне резких снимков, чем достигается некоторый художественный эффект.

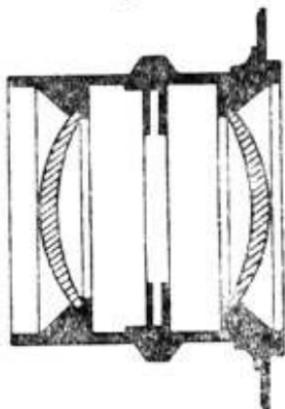
Как показал в 1812 г. Воластон, мениск, обращенный вогнутой стороной к предмету, дает значительно более резкое изображение,



99. Монокуляр (мениск).



100. Ландшафтный объект.



101. Перископ.

чем то, которое дает двояковыпуклая линза. Относительное отверстие мениска Воластона было $F:11$; он давал удовлетворительное по резкости изображение, но полезное поле изображения было очень невелико.

Более совершенным типом простого объектива является ландшафтная линза.

Ландшафтная линза (рис. 100) представляет собой ахроматическую линзу, состоящую из двух линз — собирательной и рассеивательной, склеенных вместе, причем свойства этих линз подобраны таким образом, что устранена хроматическая аберрация. В связи с этим ландшафтная линза нуждается в диафрагмировании в меньшей степени, чем монокуляр. Дисторсия в ландшафтной линзе не устранена, и потому ландшафтная линза непригодна для архитектурных съемок. Портретные съемки в комнате возможны лишь при хорошем освещении. Как показывает самое название, ландшафтная линза применяется главным образом для ландшафтных съемок.

Общим преимуществом простых объективов является то, что в них имеется только две поверхности соприкосновения стекла с воздухом, благодаря чему почти не происходит образования световых пятен.

§ 26. СЛОЖНЫЕ ОБЪЕКТИВЫ

Сложными, или двойными, называются объективы, состоящие из двух линз или, чаще,—двух систем линз, из которых одна помещается в передней части объективной трубки, а другая—в задней; в промежутке между ними помещается диафрагма.

Сложные объективы в свою очередь разделяются на две группы: неахроматические, т. е. такие, у которых не устранена хроматическая aberrация, и ахроматические, у которых хроматическая aberrация устранена.

Кроме того сложные объективы разделяются еще в другом отношении также на две группы: на симметрические и несимметрические объективы.

Симметрическими называются объективы, у которых передняя и задняя линзы совершенно одинаковы: в несимметрических объективах эти линзы неодинаковы.

Неахроматические объективы бывают исключительно симметрической конструкции; эти объективы называются перископами.

Устройство перископа представлено на рисунке 101. Перископ состоит из двух простых линз, между которыми находится диафрагма. В перископах не устранены хроматическая и сферическая aberrация; таким образом перископы требуют введения поправки на фокусную разницу. Уменьшение явления aberrации достигается также диафрагмированием. Светосила перископа невелика. Преимуществом его является отсутствие дисторсии.

§ 27. ПОРТРЕТНЫЙ ОБЪЕКТИВ ПЕТЦВАЛЯ

Этот объектив был сконструирован в 1840 г. Фойхтлендером на основании математических расчетов, произведенных математиком Петцвалем.

Объектив Петцваля (со светосилой $F:3,5$) представлен на рисунке 102. Он состоит из четырех линз, соединенных попарно, и имеет несимметричную конструкцию. Сферическая aberrация и кома в нем хорошо устранены. Удовлетворительно устранены также хроматическая aberrация и дисторсия. Недостатки объектива—астигматизм, кривизна поля и малый угол изображения. Яркость изображения сильно уменьшается к краям, что делает объективы непригодными для ландшафтных съемок.

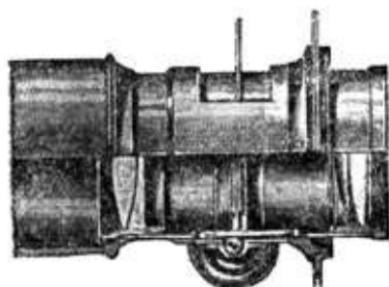
§ 28. АПЛАНАТЫ

Апланаты представляют собой симметрические объективы, т. е. состоят из двух одинаковых линз, между которыми помещается диафрагма (рис. 103). Линзы эти—сложные, состоящие каждая из двух простых линз. Они ахроматичны, т. е. в каждой из них устранена хроматическая aberrация, а потому и весь объектив в целом не имеет хроматической aberrации. Вследствие симметрического строения в апланатах более или менее плотно устранены также сфе-

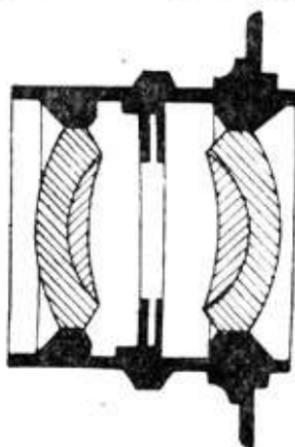
рическая aberrация, кома и дисторсия. Важнейшим недостатком апланата является искривление поля изображения, вследствие чего при резкой наводке на середину матового стекла изображение не будет резким по краям; кроме того нерезкость по краям не может быть устранена вследствие астигматизма. Обычная светосила апланатов около $F:7$; есть и значительно более светосильные, но с малым полем изображения.

Преимуществом апланата является то, что явление отражения света от линз вызывающее образование так называемых световых пятен (которые вредят качеству изображения), наблюдается в нем в меньшей степени, чем у анастигматов, вследствие чего апланат дает более чистые изображения.

Как и все симметрические объективы, апланат позволяет пользоваться одной задней линзой, что дает увеличение фокусного расстояния почти вдвое.



102. Объектив Петцваля.



103. Апланат.

Ниже как справочный материал приводим список наиболее часто встречающихся апланатов:

Фирма	Название объектива	Светосила
Буш	Rapid Aplanat	1:7
Дальмейер	" "	1:6,3
Герц	" "	1:7,7
Роденшток	Rapid fotoplanat	1:7,1
Мейер	Aristoplanat	1:7,7

§ 29. АНАСТИГМАТЫ

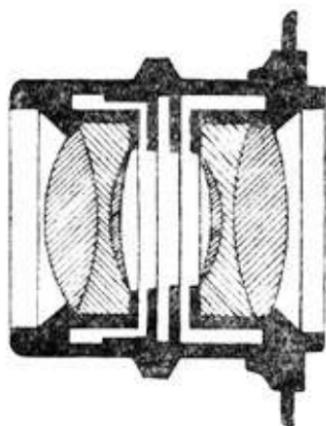
Анастигматы (рис. 104) являются наиболее совершенными объективами. Они бывают двух родов: симметрические и несимметрические. Симметрический анастигмат состоит из двух одинаковых частей.

Каждая из двух половинок анастигмата состоит не менее чем из трех линз, склеенных друг с другом. В других типах анастигматов между линзами могут быть промежутки—как бы воздушные линзы. Существенное отличие анастигматов от апланатов заключается в том, что в них устранен, помимо других недостатков, также и астигматизм. Анастигматы дают равномерное резкое изображение как в центре снимка, так и по краям, и потому диафрагмирование ана-

стигмата имеет целью главным образом увеличение глубины резкости. Обычная светосила анастигматов: $F': 4,5$ и $F': 6,8$, но в последнее время изготавливаются анастигматы и гораздо большей светосилы — до $F': 1,2$ и даже $F': 0,95$. Анастигматы по сравнению с другими объективами обладают наибольшим углом зрения.

Приводим перечень важнейших анастигматов.

Склеенные несимметричные



104. Анастигмат.

Типичным примером является „Протар“ Цейсса (рис. 105). Данный объектив отличается хорошими оптическими свойствами и дает резкое изображение по всему полю пластинки. Светосила его колеблется от $F': 7,2$ до $F': 18$.



105. Протар Цейсса.

Склеенные симметричные

К ним относятся „Коллинеар“, „Пантор“, „Дагор“ и двойной „Протар“. „Коллинеар“ Фойхтлендера представляет собой шестилинзовый склеенный анастигмат. Каждая из его половинок состоит из трех склеенных линз. Подобную конструкцию имеют двойной „Аматор“ Цейсса, „Лейкор“ Буша, двойной анастигмат Мейера, „Дагор“ Герца. Относительные отверстия не превышают $F': 6,3$.

Несклеенные несимметричные

К ним относятся „Унар“ и „Каллонтат“.

„Унар“ Цейсса представляет собой видоизменение „Протара“, заключающееся в том, что его линзы были переставлены и между ними введена воздушная прослойка. Это позволило увеличить светосилу до $F': 4,5$. Подобную конструкцию имеет „Каллонтат“ Крауса при светосиле только в $F': 6,3$.

Несклеенные симметричные

К ним относятся „Унофокаль“, „Целор“, „Планар“, „Омпар“, двойной „Плазмат Догмар“, Аристостигмат“, „Ортогоз“ и др.

Данные объективы состоят из четырех несклеенных линз (за исключением „Планара“ и двойного „Плазмата“), причем задняя линза может употребляться самостоятельно, как ландшафтная линза. Эти объективы изготавливаются со светосилой в $F': 3,5$; $F': 4,5$; $F': 5,4$; $F': 6,3$ и $F': 6,8$.

„Планар“ Цейсса и двойной „Плазмат“ Мейера являются шестилинзовыми симметричными объективами.

Триплеты простые

К ним относятся „Триплет“ Кука, „Триотар“ Цейсса, „Глаукар“ Буша, „Войдтар“ Фойхтлендера и др. Они изготовляются с относительным отверстием в $E:3,5$; $F:4,5$ и $F:6,3$

Триплеты сложные

К ним относятся: „Тессар“ Цейсса, „Гелиар“ Фойхтлендера, „Скопар“ Фойхтлендера, „Ксенар“ Шнейдера, „Доминар“ Цейсса, „Икон“ и друг.

Эти объективы прекрасно исправлены на астигматизм и дают резкое изображение по полю изображения, равному $55-60^\circ$.

Относительное отверстие их колеблется от $F:3,5$ до $F:6,3$.

§ 30. ШИРОКОУГОЛЬНЫЕ ОБЪЕКТИВЫ

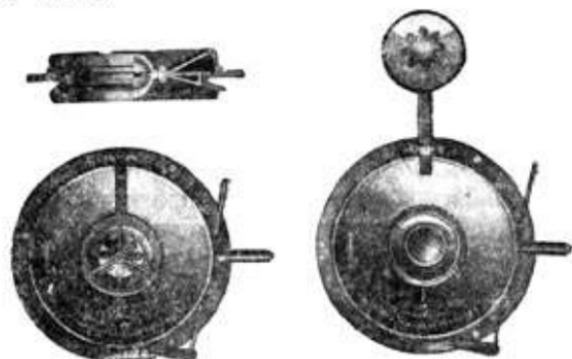
Как показывает само название, широкоугольные объективы обладают большим углом изображения. Потребность в широкоугольных объективах возникла вследствие того, что в некоторых случаях необходимо бывает произвести съемку данного объекта с небольшого расстояния притом так, чтобы объект весь попал на пластинку. Вполне понятно, что объектив с большим углом изображения захватит при съемке с определенного пункта большую площадь, чем объектив с меньшим углом изображения.

Иногда бывает необходимо сфотографировать, например высокое сооружение с небольшого расстояния, потому что выбрать более отдаленную точку стояния невозможно из-за наличия тех или иных предметов — домов на противоположной стороне улицы, деревьев и т. д. Подобные условия имеют место также при съемке внутри помещений, когда нужно с относительно близкого расстояния захватить относительно широкую площадь.

В указанных случаях можно получить необходимые результаты только при помощи широкоугольных объективов.

Угол изображения в широкоугольных объективах колеблется у различных видов этих объективов в большинстве случаев в пределах от 90° до 100° и несколько выше.

Типичным представителем широкоугольных объективов может служить выпущенный в 900-х годах двойной „Гипергон - анастигмат“ Герца (рис. 106). Это — симметрический анастигмат, состоящий из двух тонких полусферических менисков, т. е. по форме близкий к шару. Особенность „Гипергона“ состоит в том, что угол изображения у него необычайно велик, а именно 140° , т. е. далеко превосходит угол изображения других широкоугольных объективов, благодаря чему в известных случаях он является незаменимым. Он дает резкое изображение



105. Двойной гипергон анастигмат Герца в разрезе (слева сверху) и спереди — при открытой диафрагме (слева) и при закрытой (справа).

на пластинке, длинная сторона которой приблизительно вчетверо, а диагональ — впятеро больше фокусного расстояния. „Гипергон“ с фокусным расстоянием, равным 9 см, дает изображение на пластинке 24×30 см. В „Гипергоне“ очень хорошо устранены астигматизм и кривизна поля изображения, а также отсутствует дисторсия, но в нем наблюдается сферическая и хроматическая aberrация.

Для устранения влияния сферической aberrации съемка производится с сильным диафрагмированием, а именно — с относительным отверстием $F': 30$, причем получаются удовлетворительные в смысле резкости результаты. Влияние хроматической aberrации устраняется тем, что наводка делается при относительном отверстии $F': 20$, а съемки — при $F': 30$, причем фокус синих лучей при $F': 30$ практически совпадает с фокусом желтых лучей при $F': 20$.

Существенным недостатком „Гипергона“, как и других широкоугольных объективов, является резкое падение яркости изображения на краях пластинки. У краев пластинки яркость приблизительно в 20 раз меньше, чем в центре. Для устранения влияния этого недостатка „Гипергон“ имеет специальное приспособление — так называемую звездчатую, откидную диафрагму, препятствующую доступу света к центральной части снимка. Эта диафрагма пневматическим приспособлением может откидываться и вновь накладываться на объектив без малейших толчков. Действие ее заключается в том, что экспонирование происходит частью при открытой диафрагме, причем свет воздействует на всю поверхность пластинки (но, как говорилось выше — неравномерно), частью при закрытой — для дополнительного экспонирования только краев.

Что касается других широкоугольных объективов, то у них угол изображения значительно меньше, чем у „Гипергона“ — от 90 до 100 — 100° , относительное отверстие $F': 9$ — $F': 18$; в последнее время построены светосильные широкоугольники: с $F': 6$ и $F': 4$.

Для устранения влияния неравномерной яркости изображения вместо звездчатой диафрагмы может применяться стеклянная плоская пластинка, состоящая из двух линз — плосковыпуклой и плосковогнутой — одинаковой с первой кривизны, склеенных своими кривыми поверхностями. Первая линза окрашена в серый цвет, благодаря чему центральная часть ее (т. е. более толстая часть) пропускает меньше света, чем края. Пластинка ввинчивается в оправу объектива. Из широкоугольных объективов можно назвать „Коллинеар“ Фойхтлендера с относительным отверстием $F': 12,5$ (рис. 107), „Протар“ Цейсса, $F': 18$. Более подробные сведения об отдельных представителях широкоугольных объективов можно найти в книге: „Фотообъективы. Систематизация и пособие к выбору“, изд. Объединенного научно-технического совета в Ленинграде, 1931, стр. 52 и сл.

107. Широкоугольный коллинеар Фойхтлендера $F': 12,5$.

Так как ход лучей в широкоугольнике определяется теми же законами, как и в обыкновенном объективе, говорить о каких-либо

искажениях, вносимых широкоугольником, не приходится. Однако снимки, сделанные широкоугольником, отличаются некоторыми особенностями, которые объясняются не искажениями, а особыми условиями, имеющими место при съемке широкоугольником. Этих условий два: выбор близкой точки стояния при съемке и большой угол изображения. Что касается первого обстоятельства, то, как подробнее будет выяснено в части, посвященной съемке, чем ближе глаз находится к предмету (или чем ближе к нему при съемке расположен фотографический аппарат), тем больше различие между кажущимися размерами линий, расположенных на разных расстояниях от наблюдателя (или аппарата), или, иначе говоря, тем более резко выражено перспективное уменьшение размеров предметов. Второе обстоятельство, связанное с применением широкоугольного объектива, это наличие широкого угла зрения. Глаз не может охватывать непосредственно такой широкий угол, какой захватывает широкоугольный объектив, и таким образом изображения, получаемые при помощи широкоугольного объектива, являются необычными для глаза, потому что непосредственным наблюдением подобной картины воспринять невозможно.

§ 31. ТЕЛЕОБЪЕКТИВЫ

Если мы желаем сфотографировать сильно удаленные предметы в возможно крупном масштабе, приходится пользоваться возможно более длиннофокусными объективами. Это вызывает увеличение размеров камеры, что конечно представляет большие неудобства, хотя в известных случаях (например при аэрофотографировании) такие камеры находят применение.

В 90-х годах прошлого столетия появились специальные объективы — так называемые телеобъективы, обладающие значительными преимуществами при съемке отдаленных предметов в крупном масштабе. Телеобъектив состоит из двух частей — телепозитива, представляющего собой собирательную систему линз, и теленегатива, представляющего рассеивательную систему линз. На рисунке 108 представлен простейший случай, когда телепозитив, как и теленегатив, состоят каждый только из одной линзы.

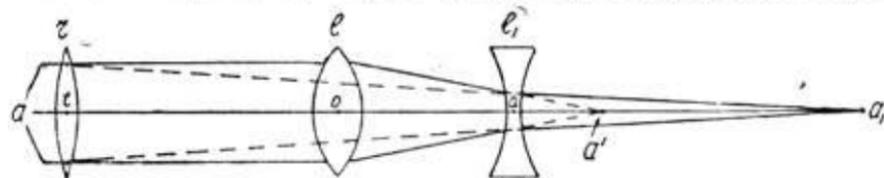
Принцип действия телеобъектива заключается в следующем.

Пусть из некоторой отдаленной точки a (рис. 108) снимаемого предмета падают лучи на поверхность телепозитива I . После преломления они пойдут сходящимся пучком, и если бы не было теленегатива, они пересеклись бы в главном фокусе a_1 телепозитива. В действительности же они встречают на своем пути рассеивающую линзу — теленегатив II , благодаря чему они отклоняются от своего направления и после прохождения через теленегатив идут сходящимся пучком с более острым углом. Иначе говоря, лучи света вследствие рассеивающего действия теленегатива сходятся в фокусе, который расположен дальше, за точкой a^1 в точке a_1 . Точно такое же построение можно произвести для любой точки предмета и найти, что изображение предмета получится в большем масштабе, чем если бы мы пользовались одной позитивной линзой.

Если продолжить в обратном направлении лучи, исходящие из теленегатива, до пересечения с лучами, падающими на телепозитив, то тем самым определяется положение той линзы r , которая дала бы тот

же результат съемки, что и телеобъектив, если бы она имела фокусное расстояние, равное la_1 . Эта величина называется эквивалентным фокусным расстоянием телеобъектива.

Увеличение, даваемое присоединением к телеположитиву теленегатива, выражается числом, показывающим, во сколько раз линейные размеры изображения, даваемого телеобъективом, больше линейных размеров изображения, даваемого одним телеполозитивом. Пусть например это отношение равно 3, и пусть фокусное расстояние телеобъектива



108. Принцип действия телеобъектива

равно 18 см. Так как увеличение размеров изображения втрое соответствует увеличению фокусного расстояния также втрое, то наш телеобъектив дает тот же результат, который дала бы линза с фокусным расстоянием: $18 \times 3 = 54$ см. Эта величина и будет представлять собой эквивалентное фокусное расстояние телеобъектива.

Из приведенного чертежа видно, что если в случае обыкновенного объектива растяжение камеры равно la_1 , то в случае телеобъектива оно будет равно o_1a_1 , так как часть oo_1 выступает наружу. Таким образом применение телеобъективной системы позволяет значительно уменьшить необходимое растяжение камеры.

Увеличение, даваемое телеобъективом, пропорционально его эквивалентному фокусному расстоянию, которое в свою очередь зависит от трех величин: фокусного расстояния телеполоzitива, фокусного расстояния теленегатива и расстояния между их главными фокусами, которое называется оптическим промежутком.

Эта зависимость выражается так:

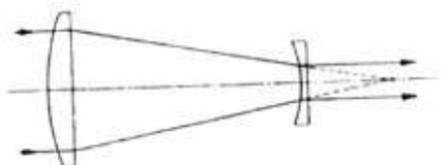
$$f_t = \frac{f_p \cdot f_n}{\Delta},$$

где f_t — эквивалентное фокусное расстояние телеобъектива, f_p — фокусное расстояние телеполоzitива, f_n — фокусное расстояние теленегатива и Δ — оптический промежуток.

На рисунке 109 представлен случай, когда лучи, прошедшие через положительную линзу идут после прохождения через отрицательную линзу параллельным путем. В этом случае изображение находится в бесконечности, и фокусы обеих линз совпадают; следовательно $\Delta = 0$.

Если раздвигать линзы, то получим (рис. 110) некоторый оптический промежуток f_p, f_n , с увеличением которого фокусное расстояние системы, как видно из предыдущей формулы, будет уменьшаться.

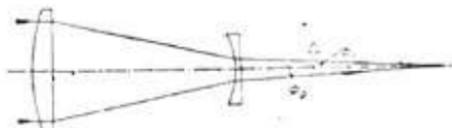
На телеобъективах с переменным увеличением имеется шкала, на которой указаны или величины оптического промежутка в



109. Лучи после прохождения через отрицательную линзу идут параллельным пучком.

миллиметрах или же прямо числа, показывающие степень увеличения, даваемого телеобъективом при установке на данное число.

Раньше применялись телеобъективы с переменным увеличением, но они обладали значительными недостатками, связанными именно с тем обстоятельством, что расстояние между телеположительным и теленегативом могло меняться. При этом условии было невозможно компенсировать различные недостатки объектива и получить достаточно резкое изображение для различных относительных положений теле-негатива и телеположительного. Поэтому отказались от телеобъективов с переменным увеличением или переменным фокусным расстоянием и перешли к телеобъективам с постоянным увеличением, т. е. постоянным фокусным расстоянием, у которых были очень хорошо исправлены недостатки и светосила была повышена до $F:35$, что приблизило телеобъективы по их свойствам к анастигматам.



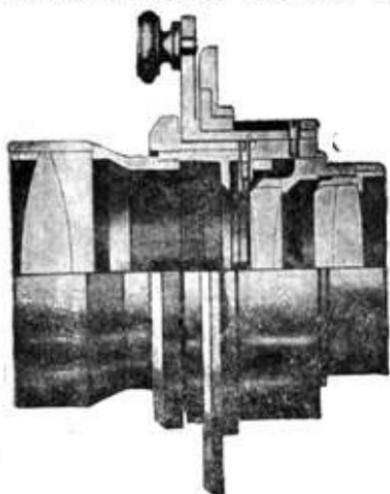
110. Оптический промежуток $\Delta = \frac{F_p}{F_n}$.

Из отдельных видов телеобъективов можно назвать «Телединар» Фойхтлендера $F:6,3$ (рис. 111), «Теле-Тессар» Цейсса $F:6,3$, «Магнар» Цейсса $F:10$, «Бис-Телар» Буша $F:7$, «Теле-Ксенар» Шнейдера $F:3,5$ и «Теленцентрик» Росса $F:5,4$.

На рисунке 112 представлен снимок сделанный, «Теледином» Фойхтлендера с того же расстояния, что и снимок, изображенный на рис. 113, сделанный обыкновенным объективом.

§ 32. НАСАДОЧНЫЕ ЛИНЗЫ

Цель применения насадочных линз заключается в изменении фокусного расстояния объектива. Изменение фокусного расстояния очень полезно потому, что дает возможность фотографировать с данного



111. Телединар Фойхтлендера $F:6,3$.

места в нужном масштабе. Следовательно то, что обычно достигается передвижением самого фотографа относительно предмета съемки, — если только такое передвижение возможно, — может быть гораздо легче достигнуто посредством насадочных линз. В случае собирающей насадочной линзы фокусное расстояние объектива очевидно уменьшается, в случае же рассеивательной оно увеличивается. Если f_1 — фокусное расстояние объектива и f_2 — фокусное расстояние насадочной линзы, то фокусное расстояние всей системы будет равно:

$$F' = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2 - d}$$

где F' — искомое фокусное расстояние, f_1 — фокусное расстояние данного объектива, f_2 — фокусное расстояние добавочной линзы, и d — расстояние между добавочной линзой и объективом.

Если расстояние между линзами невелико по сравнению с суммой величин $f_1 + f_2$, то им можно пренебречь; но если желательно точнее определить F , то величину d очевидно надо принять во внимание. Если отбросить d , то формула принимает вид:

$$F = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2}.$$

Пример 1. Фокусное расстояние объектива $f_1 = 13,5$ см. Фокусное расстояние насадочной линзы равно 50 см.

Пусть величина d очень мала по сравнению с суммой величин $f_1 + f_2$,

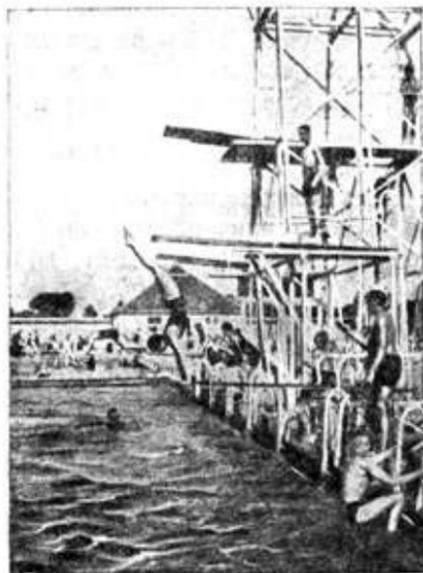
$$F = \frac{13,5 \cdot (-50)}{13,5 - 50} = \frac{-675}{-36,5} = 18,5 \text{ см.}$$

Пример 2. $f_1 = 15$ см, $f_2 = 10$ см и $d = 2,5$ см.

$$F = \frac{15,10}{15 + 102,5} = 6,7 \text{ см.}$$



112. Съемка телединаром Фойхтлендера.



113. Съемка обыкновенным объективом с той же точки зрения.

Если для насадки применяется вогнутая линза, то величину f_2 надо считать отрицательной, т. е. брать знак минус у этой величины — как в первом из приведенных примеров.

Насадочные линзы были выпущены фирмой Цейсса, а потом и другими. Основным недостатком их применения является то, что им свойственны сферическая и хроматическая aberrации и для уменьшения последних необходимо прибегать к диафрагмированию.

Чаще употребляются насадочные линзы рассеивательные, т. е. дающие удлинение фокусного расстояния и уменьшение угла изображения. Такая система действует подобно телеобъективу, давая изображение более крупного масштаба. Присоединение собирающей линзы действует в обратном направлении — уменьшает фокусное расстояние и масштаб изображения и увеличивает угол изображения. Ввиду того что насадочные линзы заметно ухудшают качество изображения, их применение в случае анастигматов нерационально. В этом случае желательнее применять насадочные линзы, специально рассчитанные и предназначенные для определенных объективов, например «Дистар» Цейсса — для «Тессара», «Фокар» Фойхтлендера — для «Гелиара», «Проксимар» — для «Тессара». Эта последняя линза укорачивает фокусное расстояние и превращает объектив в широкоугольник.

§ 33. СОВЕТСКИЕ ОБЪЕКТИВЫ

Едва ли надо подчеркивать то громадное значение, которое имеет освобождение от иностранной зависимости в области производства фотографических объективов. Не говоря уже о чрезвычайно многостороннем значении фотографического объектива для строительства, тот же объектив, удовлетворяющий определенным требованиям, играет роль «глаз» армии в военное время.

Производство объективов связано с изготовлением специального оптического стекла. Этот вопрос в СССР отчасти уже разрешен удовлетворительно: обычные объективы могут изготавливаться из советского стекла. Но пока у нас еще не изготавливается сортов стекла, пригодных для объективов специального назначения, например астрономических, объективов для микросъемки и некоторых других.

Заводы ВООМП выпускают сейчас объективы:

- 1) «Ортагоз» № 2, с фокусными расстояниями в 135, 145 и 210 мм с относительным отверстием $F:4,5$ и углом зрения около 60° ;
 - 2) «Индустар» № 3, $f=135$ мм, с относительным отверстием $F=4,5$ и углом зрения в 60° и
 - 3) ландшафтные линзы и перископы для несложных аппаратов.
- Кроме того в стадии разработки находятся следующие объективы:
- 4) «Индустар» № 2, $f=210$ мм с относительным отверстием $F:4,5$ и углом зрения в 60° ;
 - 4) «Примагоз» № 1 для киносъемки, $f=40$ мм, $F:3,5$ и угол зрения 42° ;
 - 5) «Апланат», $f=170$ мм, $F:7,0$ и угол зрения 55° ;
 - 6) «Ортагоз» № 3, $f=135$ и 210 мм, $F:4,5$ и угол зрения 55° и
 - 7) «Примагоз» № 2 (портретный), $f=250$ мм, $F:3,5$ и угол зрения 40° .

Кроме того производятся опытные работы по изготовлению короткофокусных светосильных объективов для киносъемки и насадочных линз.

§ 34. О РАССМАТРИВАНИИ ФОТОГРАФИИ

Получить хороший фотографический снимок недостаточно — надо еще уметь правильно рассматривать его.

Правило рассматривания фотографических снимков заключается в следующем.

1. Снимок нужно рассматривать одним глазом.
2. Глаз должен находиться на расстоянии, равном расстоянию фотографической пластинки от объектива в момент съемки (т. е. на расстоянии, равном фокусному, если снят отдаленный сюжет).

3. Глаз помещается при этом против центра снимка, или, иначе говоря, против той точки, где оптическая ось объектива пересекает плоскость пластинки.

При соблюдении этих условий глаз получает впечатление, сходное с тем, которое он получил бы при рассматривании сюжета съемки в натуре.

Снимок кажется при этом более рельефным, в нем гораздо лучше чувствуется перспектива, чем если его рассматривать двумя глазами, как это обычно делается, и с расстояния, не соответствующего фокусному расстоянию аппарата.

Практически можно поступать так: постепенно приближать снимок к глазу пока не почувствуется рельефность, перспектива снимка. Необходимо при этом указать, что люди с нормальным зрением обычно рассматривают фотографии с расстояния в 25 — 30 см, потому что при этом глаза не испытывают напряжения. Это расстояние называется расстоянием наилучшего зрения. На таком расстоянии люди с нормальным зрением держат при чтении книгу. Ясно, что рассматривание фотографий на расстоянии наилучшего зрения будет правильным, т. е. даст лучший результат только в том случае, если фотография произведена аппаратом с фокусным расстоянием в 25 — 30 см. Фотографии, сделанные аппаратом с фокусным расстоянием например в 10 см надо рассматривать с такого же расстояния — 10 см. Для людей с нормальным зрением и для дальновзорких невозможно однако значительно приблизить снимок к глазу; в этом случае следует рассматривать снимок через увеличительное стекло, которое позволяет расположить глаз на более близком расстоянии от снимка.

При некоторой практике только что описанным способом рассматривания снимков достигаются более или менее хорошие, в зависимости от индивидуальности, результаты в смысле восприятия рельефности, перспективы изображения. Но не следует думать, что таким способом можно воспринимать рельефность (пространственность) сюжета в настоящем смысле этого слова. Последнее достигается только при помощи метода стереоскопической съемки, которой посвящается самостоятельная глава.

Необходимо указать, почему при рассматривании фотографии двумя глазами, как это обычно делается, перспектива так плохо воспринимается. Смотря на снимок двумя глазами, оси которых пересекаются в плоскости снимка, мы неизбежно должны ощущать, что все части изображения находятся в одной плоскости. Наоборот, смотря на снимок одним глазом, мы ощущаем это в меньшей степени и воспринимаем перспективу лучше. Напомним, что самое восприятие перспективы зависит от целого ряда условий, которые достаточно подробно излагаются, в главе посвященной стереоскопической съемке.

Проработав оптику, постарайтесь дать себе ясные ответы на следующие вопросы:

1. Какие явления доказывают прямолинейность распространения света?
2. В чем заключается закон отражения света?
3. Если угол падения луча равен нулю (т. е. луч падает отвесно), то в каком направлении, по закону отражения света, пойдет отраженный луч?
4. В чем заключается сущность преломления света? Как пойдет преломленный луч при переходе света из среды менее плотной в более плотную и обратно? (постройте примерные чертежи.)
5. Сделайте построение преломленного луча при переходе луча из воздуха в воду, зная, что показатель преломления воды равен 1,3.
6. Определите предельный угол для случая прохождения света из воды в воздух.
7. Произведите построение для преломления луча в пластинке различной толщины.
8. Постройте чертеж, показывающий преломление светового луча при прохождении его через призму.
9. Перечислите основные цвета спектра в том порядке, в котором они расположены в спектре, начиная с цвета, наименее преломляемого.
10. В чем заключается сущность действия ахроматической призмы на бесцветный луч?
11. Чем объясняется цвет синего стекла?
12. Что происходит со светом, который поглощается телом?
13. На каком действии света основана фотография?
14. Что показывает число, называемое коэффициентом рассеяния?
15. Что такое яркость освещенной поверхности и от чего она зависит?
16. Что такое двояковыпуклая линза, ее центр, оптическая ось? В чем заключается основное свойство линзы?
17. Что такое главное фокусное расстояние линзы?
18. Перечислите три основных случая получения изображений при помощи двояковыпуклой линзы?
19. Перечислите и нарисуйте все шесть видов собирательных и рассеивательных линз. В чем заключается разница в действии на пучок лучей собирательной и рассеивательной линз?
20. Перечислите недостатки простых линз и нарисуйте чертежи, показывающие сущность этих недостатков.
21. В чем заключается зависимость величины изображения от величины фокусного расстояния?
22. От каких двух условий зависит светосила объектива? Напишите формулу светосилы?
23. От каких условий зависит яркость изображения?
24. Что такое глубина резкости и от чего она зависит?
25. Что такое поле зрения и поле изображения?
26. Перечислите различные виды объективов и нарисуйте схематически их конструкцию.
27. Опишите устройство Гипергон-анастигмата и поясните назначение широкоугольных объективов.
28. В чем заключается назначение телеобъектива?
29. Нарисуйте ход лучей в телеобъективе выясните, в чем заключается роль теледлинной?
30. От каких трех величин и как зависит фокусное расстояние телеобъектива?
31. Что такое телеобъектив с переменным и постоянным увеличением?
32. Как зависит фокусное расстояние объектива с насадочной линзой от фокусного расстояния объектива фокусного расстояния линзы и расстояния между объективом и линзой?
33. В чем заключаются основные правила рассматривания фотографии?

ЛИТЕРАТУРА

ЭИХЕНВАЛЬД А. А., Акустика и оптика, Гиз, 1921.

КЛЕИ Р., Опыты по свету, перев. с англ., Гиз, 1922.

ГРИМЗЕЛЬ Э., Курс физики, III — „Оптика“, Гиз, 1932.

ГОЛЬДБЕРГ Е., Образование фотографического изображения, перев. с нем изд. „Огонек“, 1929.

ДОМАРАДСКИЙ М., Фотообъектив, Изд. журн.-газ. объединения, 1932.

ЭДВИН ЭДСЕР, Оптика.

Статьи

Для ознакомления с отдельными вопросами фотографической оптики можно рекомендовать следующие статьи:

Доцент ЦЕРЕВИТИНОВ Н. А., „Как изготавливается фотографический объектив“, „Пролетарское фото“ № 2, 1932.

Инж. Г. Н. БЕЛОУСОВ, Советские фотообъективы, „Пролетарское фото“ № 3, 1932.

ДОМАРАДСКИЙ М., Апланат или анастигмат, „Фотоальманах“, изд. „Огонек“ 1929.

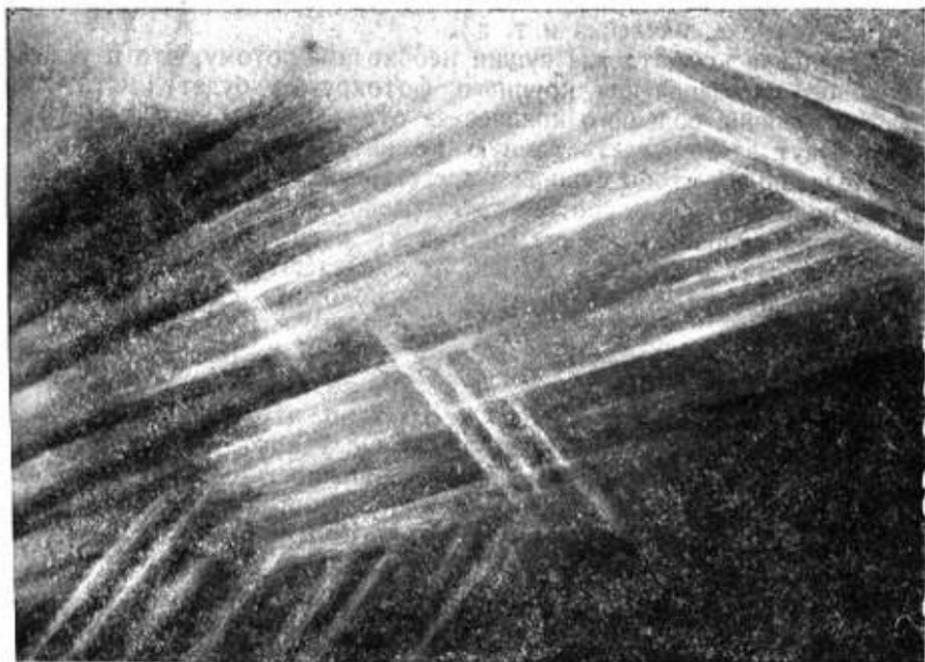
ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ
ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

ГЛАВА I

УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ ЛАБОРАТОРИИ

§ 1. ТЕМНАЯ КОМНАТА

Как читателю известно из введения, фотографирование производится на светочувствительных пластинках. Малейшее количество света, попавшее на пластинку, приносит ей неисправимый вред: пластинка, как говорят, «засвечивается».



114 а. Засвеченная пластинка.

Помещаемые фотографии (рис. 114) дают наглядное представление о результатах неосторожного обращения со светочувствительной пластинкой: места, куда попал свет не через объектив, вышли на негативе настолько темными, что забивают изображение.

Поэтому зарядка и разрядка кассет производятся всегда в темной комнате. Можно производить зарядку и в абсолютной темноте, но

это сопряжено с большими неудобствами, а потому комнату освещают обычно красным светом, который в небольших количествах не оказывает почти никакого действия на пластинку.

Комната, предназначенная для фотографической лаборатории, должна быть сухой, хорошо вентилируемой и не слишком холодной; лучше всего, если в ней поддерживается всегда комнатная температура, т. е. 15—17° С.

Вентиляция совершенно необходима, так как иначе присутствие больших количеств воды вызывает появление сырости. Желательно, чтобы в выбранной комнате было мало окон, причем лучше, если они будут небольших размеров. При выборе комнаты для занятий фотокружка необходимо учитывать количество одновременно занимающихся фотолюбителей, потому что в слишком тесном помещении работающие будут мешать друг другу. Желательно на каждые 10 человек иметь 25 м² площади.

В этом случае надо стремиться, чтобы фотолаборатория состояла из трех комнат: темной лаборатории, светлой лаборатории и сушилки.

В темной лаборатории производятся фотографические процессы, светлая комната должна предназначаться для теоретических занятий.

В ней также должны храниться химикалии и запасы бумаги и пластинок. Кроме того может находиться стол для сухих работ (кабрировка, обрезка, наклейка и т. д.).

Отдельная комната для сушки необходима потому, что в условиях учебного заведения или крупного фотокружка будет иметь всегда место наличие большого количества отпечатков и негативов, которые будут загромождать темную комнату и мешать работе.

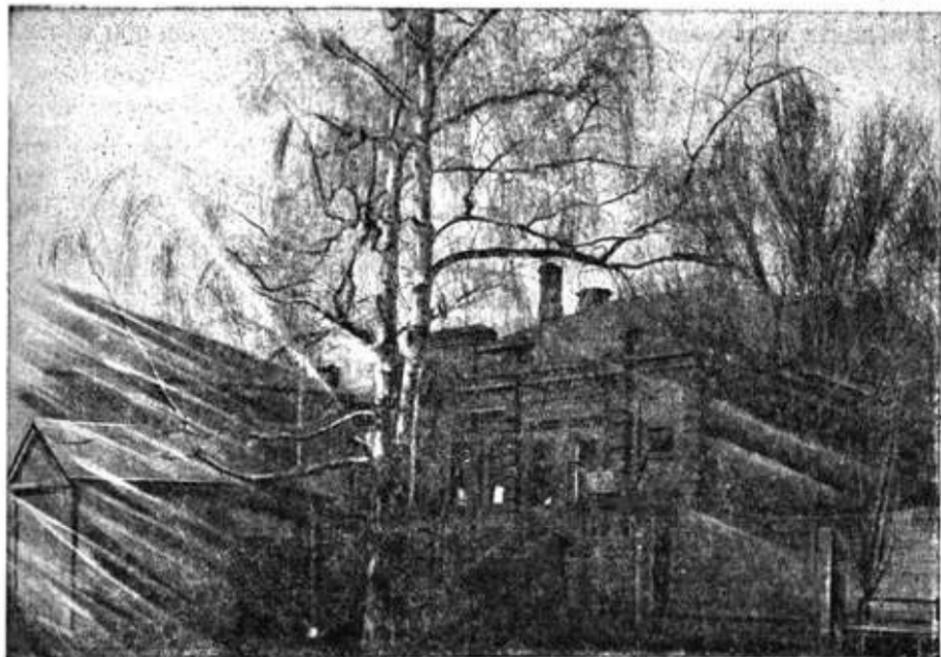
Желательно, чтобы сушилка представляла собой узкую комнату с несколькими друг против друга расположенными окнами. Тогда благодаря сквозняку сушка протекает очень быстро. Если часть окон выходит в сушилке на юг, то для защиты позитивов и негативов от прямого солнечного света необходимо завешивать верхнюю часть окна.

В сушилке не должно быть пыли и мух. Пыль, оседая на влажную эмульсионную сторону, дает множество серых точек, а муха, ползая, оставляет светлые пятнышки. Отсюда ясно, что сушилка не должна выходить окнами на пыльную дорогу или улицу.

Фотограф-одиночка, не имеющий возможности оборудовать отдельной комнаты, может использовать под лабораторию любой чулан, предварительно сделав его светонепроницаемым. Лучше выбрать чулан, не обращенный на солнечную сторону.

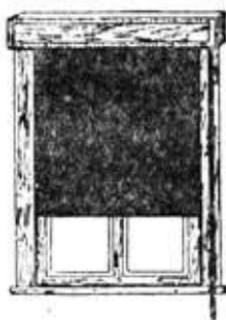
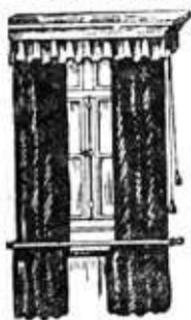
Вечером, если вблизи нет уличного освещения, то, завесив окна плотной материей, можно работать в любой комнате. Вообще говоря, фотолюбитель-одиночка может всегда приспособить себе угол под лабораторию; для этой цели можно использовать ванную комнату. Обращать уборные под лабораторию не рекомендуется (особенно хранить в ней пластинки, химикалии), так как имеющиеся в них выделения газов (аммиак и др.) оказывают вредное влияние на светочувствительную эмульсию.

Окна в темной комнате необходимо самым тщательным образом заклеивать черной бумагой, так, чтобы они совершенно не пропускали света, или сделать специальные светонепроницаемые шторы. Шторы надо делать из черной плотной материи, лучше всего из



114 б. Засвеченная пластинка.

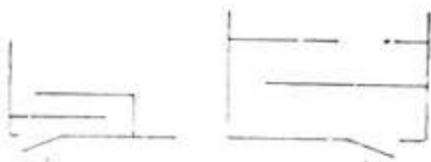
молескина или так называемой „чортовой кожи“. Устройство таких штор показано на рисунке 115.



115. Различные виды штор для затемнения лаборатории. Устройство штор, изобр. в правой части рисунка, значительно рациональнее.

Проверить, проходит ли где свет, очень легко: для этой цели необходимо, потушив красный свет и закрыв плотно двери, побыть некоторое время (минут 15) в темной комнате. Когда глаза привыкнут к темноте, нужно внимательно осмотреть окна, дверь — места, где может пробиваться свет. Все найденные щели необходимо тщательно заклеить чер-

ной бумагой или замазать оконной замазкой. Чтобы при входе из светлой комнаты в темную лабораторию во время работы не засветить последнюю, необходимо устроить специальное приспособление около двери. Таковыми могут быть двойные занавески из молескина, тамбуры и т. д.



116. Схема устройства светонепроницаемого входа в лабораторию.

На рисунке 116 представлены схемы наиболее удобных тамбуров. Они почти совершенно не пропускают свет в помещение при входе.

§ 2. ОСВЕЩЕНИЕ ТЕМНОЙ КОМНАТЫ

Освещение темной комнаты лучше всего иметь от дневного и искусственного света. Чтобы устроить дневное освещение, нужно при оклейке окон оставить не заклеенным одно нижнее стекло. Это незаклеенное стекло закрывается стеклом оранжево-желтого цвета. Затем на желтое стекло накладывается рубиново-красное стекло средней густоты. Чтобы иметь возможность освещать лабораторию любым светом, необходимо цветные стекла укрепить в выдвигающихся рамках.

Не каждое цветное стекло подходит для этой цели. Некоторые стекла, хотя и окрашенные в красный цвет, пропускают много активных (действующих на эмульсию) лучей. При выборе стекла надо руководствоваться пропускаемым им на просвет цветом. Красный цвет с желтоватым оттенком (цвет краски киноленты) пригоден для фотографической лаборатории; красный же цвет с синеватым оттенком (цвет краски кармина)—непригоден. Эта оценка окраски пропускаемого света будет страдать большими неточностями из-за неопытности начинающего фотографа, а потому необходимо покупать стекла в специальных фотографических магазинах. Но лучше всего приготовить стекла самим, согласно указаниям, данным ниже.

Наличие освещения дневным светом является удобным в смысле экономии и возможности освещать для гигиеничности лаборатории белым солнечным светом. Но ограничиться одним дневным освещением нельзя хотя бы по той причине, что ночью и вечером работать в лаборатории уже невозможно. Кроме того дневное освещение имеет еще один большой недостаток, а именно: сила освещения днем все время меняется и в очень больших пределах, почему бывает очень трудно судить о густоте (плотности) проявляемого негатива.

Для зарядки же кассет пластинками и других работ, требующих красного освещения, пользоваться дневным освещением очень удобно.

Поэтому лучше всего оборудовать лабораторию как естественным, так и искусственным освещением.

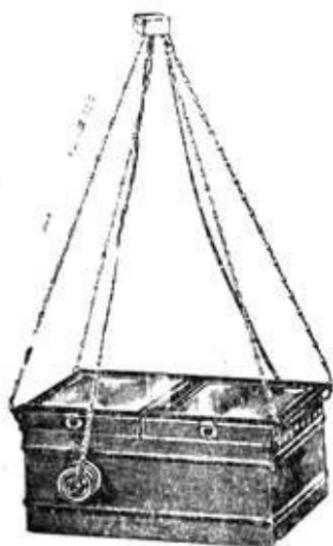
Искусственно освещать лабораторию можно при помощи свечей, керосиновых и электрических ламп. Имеются очень много самых разнообразных конструкций ламп, фонарей и т. д., описания которых мы не будем делать; укажем только на основные типы лабораторных фонарей.

Существуют фонари для верхнего освещения (рис. 117), висячие фонари для освещения только кабинки (рис. 118) или стола и наконец настольные фонари, непосредственно устанавливаемые на столе (рис. 119).

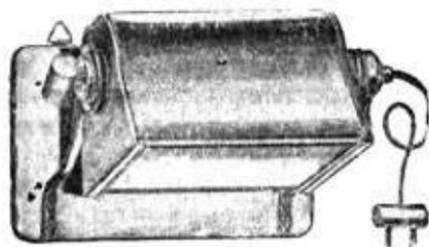
Каждый тип фонаря обладает рядом ему присущих достоинств. Так лабораторные фонари для верхнего света дают ровное, рассеянное освещение всей лаборатории. Для увеличения яркости освещения потолок должен быть выкрашен белой или светлорозовой краской. Верхний свет уничтожает глубокую темноту в лаборатории и позволяет легче ориентироваться в ней. Висячие фонари удобны тем, что

освещают только небольшой участок лаборатории. При некоторых работах это необходимо. Настольные фонари удобны легкостью перестановки.

Лабораторные фонари легко сделать самим. Корпус фонаря делается из тонкой жести или из дерева. В фонаре надо сделать не пропускающую свет вентиляцию. Внутренние стенки корпуса фонаря окрашиваются белой эмалевой, масляной или алюминиевой краской. Электрическая лампочка находится в центре фонаря. Внешнее же оформление всецело зависит от вкуса и изобретательности фотографа.



117. Лабораторный фонарь для верхнего света.



118. Висячий лабораторный фонарь для освещения кабинки.

Делать самим фонари, обертывая их обыкновенной красной бумагой или куском красной материи, нельзя потому, что такие фонари будут пропускать много актиничных лучей, которые при зарядке и проявлении настолько засветят негатив, что изображение получится совершенно серым. Следует пользоваться специальными красками и специальной бумагой, которые можно достать в фотографическом магазине.

Лучше всего приобретать, если нет электрического освещения, фонари для керосиновых ламп, так как свечи и масляные лампы вследствие слабого света и постоянной копоти в обращении неудобны. Лампы для красных фонарей не должны быть с сильным светом; лучше всего пользоваться 10—15-линейными лампами.

При наличии электрического освещения можно пользоваться как специально окрашенной электрической лампочкой, так и обыкновенной, помещая ее в специальные фонари. Окрашенные электрические лампочки дороги, а потому целесообразнее пользоваться обыкновенной лампочкой и фонарем.

Пользоваться лампочками, окрашенными для иллюминации, воспрещается.

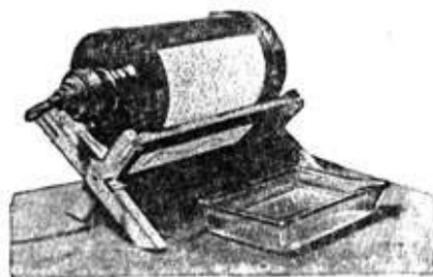
При работе с электрическим освещением надо заряжать, вынимать из кассет уже экспонированную пластинку и начинать проявление ее по возможности вдали от лампочки (0,50—0,75 м).

Если же съемка производится на пластинках высшей и наивысшей чувствительности, эти манипуляции лучше всего производить или под особыми крышками, картоном и т. д., или же ослабив в значительной степени свет, обернув его красной бумагой или материей.

При рассматривании для контроля проявляемой пластинки ее необходимо держать на свету не дольше, чем это требуется для определения, достаточно ли она проявлена. Вначале, при красном освещении, бывает трудно ориентироваться: предметы кажутся все темными, изображение на негативе незаметным и т. д. Начинаящий не должен в этом отчаиваться — соответствующие навыки в работе при красном освещении приобретаются в течение самого непродолжительного времени.

Вообще же красный свет лаборатории должен быть такой силы, чтобы можно было читать газету на расстоянии 1 м от лампы. Слишком темное освещение, если это не вызывается высокой светочувствительностью пластинок, только затрудняет суждение о качестве негатива во время проявления.

Лампа должна находиться над столом, на котором производится проявление, на высоте от 0,5 до 0,75 м.



119. Лабораторный фонарь, устанавливаемый на столе.

Каждую купленную лампу или фонарь необходимо испытать, действительно ли они пропускают только неактивные лучи. Как производят это испытание, будет сказано немного ниже. При первых же работах для безопасности пластинки лучше всего заряжать подальше от фонаря.

В заключение данного параграфа расскажем, как приготовить светофильтры для лабораторных фонарей.

Светофильтры можно приготовить путем окрашивания: а) обыкновенной фотографической пластинки, хорошо отфиксированной, промытой и высушенной, или же б) пергаментной бумаги.

Для окрашивания пластинок готовят следующие запасные растворы:

I. Тартрацина	10 г
Воды	200 см ³
II. Оранжевой	2 г-4
Воды	100 см ³
Раствора 1-го	40 "
III. Пунцовый кристаллич.	2 г
Воды	100 см ³
Раствора 1-го	10 "

Для приготовления желтого фильтра берется:

Запасного раствора 1-го	20 см ³
Воды	80 "
Уксусной кислоты	3 "

Оранжевый фильтр получается, если вместо 1-го запасного раствора взять 2-й. Третий запасный раствор дает при тех же условиях светлокрасный фильтр.

В растворе пластинки должны находиться один час, затем они быстро споласкиваются водой и сушатся.

Для окрашивания пергамента пользуются следующими растворами:

A. Тартраина	2,0%
B. Хризоидина	0,1 "
C. Синего кармина	1,0 "
D. Метил-фиолетовой	0,1 "
E. Нафтоловой зеленой	1,0 "

Перед употреблением рекомендуется прибавлять однопроцентный раствор уксусной кислоты. Продолжительность окрашивания бумаги устанавливается опытным путем.

Из полученных фильтров возможно составить для работы следующие комбинации:

Для проявления нужно

Газопечатных бумаг	1 или 2 листа A
Бромистых бумаг	1 лист A+1 лист B
Обыкновенных пластин	2 " A+1 " C
Ортохроматич. "	1 " A+1 " D
Панхроматич. "	2 " A+1 " C+1 лис. E

Эти растворы пригодны и для окраски отфиксированных пластинок. Только для получения рассеянного света необходимо между стеклами прокладывать несколько листов папиросной бумаги.

Последний рецепт можно упростить, взяв только:

Метил-фиолетовой	0,3-процентный раствор
Хризоидина	0,2 " "

Пластинка, отфиксированная и хорошо отмытая, купается 15 мин. Фильтр из одного хризоидина имеет оранжевый цвет и вполне подходит для бумаг и диапозитивных пластинок. Сложные вместе (метил-фиолетовый + хризоидиновый) окрашенные пластинки дают вполне надежный фильтр для любого негативного материала, кроме панхроматического. В этом случае хризоидиновый фильтр должен быть очень слабо окрашенным (слабо оранжевым, почти желтым).

Хорошие фильтры дает пикриновая кислота в 1-процентном растворе. После купания пластинки в растворе пикриновой кислоты она погружается в слабый раствор едкого калия или натрия, в котором и окрашивается в оранжевый цвет.

Хризоидин, метил-фиолетовая и пикриновая кислота вырабатываются у нас в СССР.

Работа 21. Проверка пригодности красного освещения

(Работа производится после ознакомления с процессом проявления)

Приготовление. Зарядите в полной темноте пластинкой кассету или оберните пластинку наполовину черной бумагой.

Выполнение работы.

1. Если в лабораторию проведено электричество, включите крас-

ный свет, в противном случае, зажгите в другой комнате красную лампу и внесите ее в лабораторию.

2. Положите обернутую наполовину черной бумагой пластинку или наполовину открытую кассету на место, где обычно находится кювета для проявления.

3. Продержите пластинку на свету в течение 4--5 минут и затем проявите и отфиксируйте пластинку.

4. Если свет подействовал на открытую половину пластинки, то она должна покрыться слабым серым налетом. Если не подействовал, то обе части пластинки будут совершенно одинаковы. Появление серого налета может указывать еще на слишком яркое освещение комнаты. Поэтому для контроля необходимо, ослабив свет, проделать испытание еще раз. Второй неблагоприятный результат укажет на непригодность красного освещения.

§ 3. РАБОЧИЙ ИНВЕНТАРЬ ТЕМНОЙ КОМНАТЫ

Темная комната должна иметь два стола: один—для проявления, другой—для зарядки пластинок, бумаги и т. д.



120. Переносный стол для проявления.

Стол для проявления. Один из самых удобных переносных столов изображен на рисунке 120. Нижняя часть его имеет доску для установки ведра и полочки для хранения кювет и запасных растворов химикалий¹. В правой части стола устроен ящик, в левой—сток для воды. Поверхность стола должна быть несколько углублена, для чего к верхней доске прибиваются выступающие планочки. Это делается для того, чтобы пролившаяся жидкость не стекала на пол. Рекомендуется набить на верхнюю доску стола ряд параллельных планочек. Расстояние между планочками необходимо делать достаточно малым, иначе кювета может опрокидываться.

На укрепленном к столу щите помещаются жестяной бак для воды, емкостью не меньше 10 л., и фонарь с красным светом. Бак должен быть снабжен красным или длинной резиновой трубкой с зажимом Мора. Исползованная вода

и растворы стекают через отверстие в стоящее внизу ведро. В отверстие должна быть вставлена довольно длинная трубка, чтобы вода при стекании не расплескивалась.

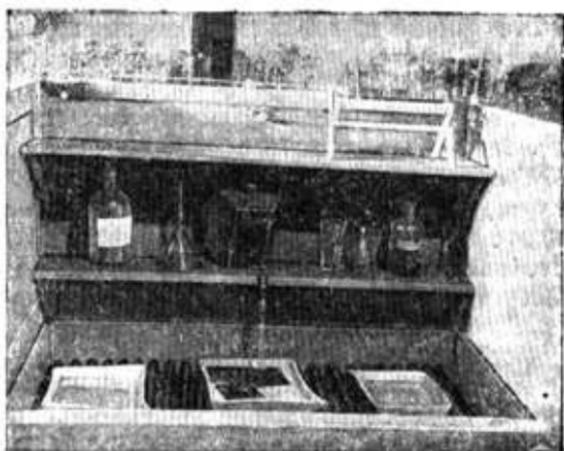
В условиях учебного заведения или предприятия, большого фотокружка необходимо пользоваться не переносимыми столиками, а специальными кабинками, к которым должны быть подведены вода и канализация. Кабинка обычно имеет размер по длине 1—1,5 м. Фотография кабинки дана на рисунке 121.

¹ Химикалиями называются все химические вещества, употребляемые в фотографии.

В отношении расположения и конструкции проявительного стола или кабинки можно проявить много изобретательности.

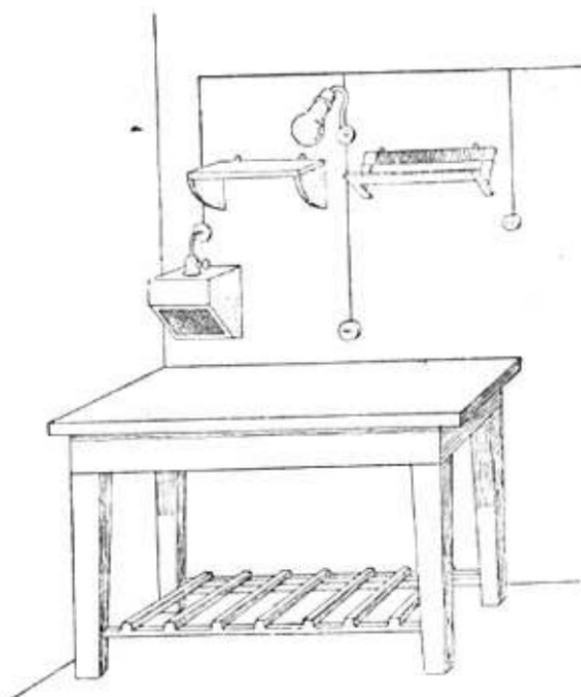
Стол для зарядки может не иметь никаких приспособлений. Даже не требуется устраивать около него освещение, если достаточно света от фонаря, укрепленного на столе для проявления. При наличии же средств все же лучше завести специальный стол (рис. 122).

К ю в е т ы. Проявление, фиксирование и другие процессы обработки фотографических пластинок производятся в плоских прямоугольных сосудах, так называемых ванночках или кюветах (рис. 123). Ванночки делаются из эмалированной жести, папье-маше, фаянса и наконец из прессованного стекла.



121. Кабинки для фотолабораторных работ.

рис. 123). Ванночки делаются из эмалированной жести, папье-маше, фаянса и наконец из прессованного стекла.



122. Стол для зарядки.

Эмалированные кюветы весьма прочны, легки и удобны в обращении тем, что не бьются, но плохая эмаль довольно быстро трес-

кается, и тогда кюветы становятся непригодными для работы. Кюветы из папье-маше также быстро изнашиваются, к тому же их очень трудно содержать в должной чистоте. Лучшими считаются фаянсовые и стеклянные ванночки, так как они при аккуратном обращении могут служить неограниченное время, причем их легче всего поддерживать в чистоте.

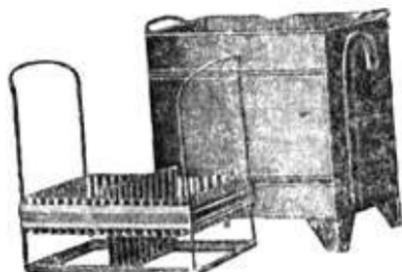
Установлено как правило, что для каждого фотографического процесса должна быть особая кювета.

Требуется особенно запомнить, что кювету от фиксажа ни в коем случае нельзя применять для проявления или окраски отпечатков. Поэтому кюветы необходимо иметь разных цветов, например для проявления белые, а для фиксирования—черные, или же делать на них черной краской надписи: «Проявитель», «Фиксаж», «Вода» и т. д. (вместо надписи можно ставить буквы П, Ф, В и т. д.).

После работы из кювет требуется всегда вылить раствор и основательно их ополоснуть водой. Оставлять кюветы можно только перевернув их вверх дном или поставив на ребро.



123. Кюветы.



124. Бак для промывки негативов. Рядом стойка, в которую ставятся негативы.

По размерам кювета должны быть больше, чем употребляемые пластинки, иначе трудно бывает захватывать при вынимании проявляемый негатив. Так для проявления одной пластинки размеров 9×12 см требуется кювета, дно которой имело бы размер минимум в 10×13 см. Лучше всего иметь кювету размером несколько больше двух пластинок, для того чтобы можно было одновременно проявлять две пластинки. Кюветы для фиксирования и для промывки должны иметь размер не меньше 24×30 см, потому что чаще всего фиксировать и промывать приходится по несколько негативов.

Кроме того желательно иметь специальные промывные баки для негативов (рис. 124). Они во много раз ускоряют лабораторную обработку пластинок и сохраняют их от повреждений, обычно имеющих место при промывке пластинок в обыкновенных кюветах.

Посуда. Хранение химических веществ производится в стеклянных банках с широким горлышком и притертыми пробками. Банок лучше иметь несколько больше, чем веществ. Запас необходим для того, чтобы немедленно переложить вещество из разбитой банки в целую. Емкость банок устанавливается разумеется предполагаемыми запасами веществ.

Жидкости должны сохраняться в склянках с узким горлышком и притертыми пробками.

Для отмеривания жидкостей служат стаканчики с делениями—мензурки. Лучше иметь две мензурки: маленькую (емкостью около 25 см³) для точного отмеривания небольших количеств жидкости и большую

(емкостью около 200 см³) для более грубого отмеривания значительных количеств жидкостей. Отмеривание больших количеств воды лучше всего производить литровой алюминиевой кружкой.

Отмеривание очень небольших количеств производится капельницами. Капельницы устроены так, что заключенная в них жидкость может выливаться только по каплям. Пользование капельницами очень удобно при прибавлении по каплям бромистого калия во время проявления.



125. Специальные лабораторные часы на 60 секунд.

Чтобы не проливать жидкостей при их переливании, нужно иметь воронки—маленькую и большую. Воронки употребляются также и для фильтрования растворов.

Помешивание растворов для их лучшего растворения производится стеклянной палочкой, которых рекомендуется иметь несколько.

Весы. Для отвешивания небольших количеств веществ можно пользоваться маленькими аптекарскими весами с роговыми чашечками.

Значительные количества лучше отвешивать на весах с круглыми медными чашками.

Чашечки всех весов необходимо держать в чистоте; высыпать химические вещества прямо на чашечки нельзя, так как от этого они портятся и грязнятся. Перед отвешиванием нужно на чашку положить кусочек бумаги, на которую и высыпать вещество. При точных отвешиваниях нужно уравнивать вес бумаги мелкими дробинками.

К весам необходимо купить разновесы от 0,1 до 500 г. В крайнем случае можно обойтись разновесами от 0,1 до 100 г.

Желательно иметь также несколько палочек синей и красной лакмусовой бумаги для определения кислотности или щелочности раствора. Напомним, что посинение красной лакмусовой бумаги указывает на присутствие щелочи, а покраснение синей—на присутствие кислоты.

Для накладывания химических веществ служат роговые ложечки, которых требуется иметь несколько и разных размеров.

В лаборатории должны иметься также часы (рис. 125).

Сушка негативов производится на специальных негативных станках, которых желательно иметь несколько штук, что при их дешевизне вполне возможно. Такой станочек изображен на рисунке 126.

В производственных и учебных лабораториях, где всегда имеется большое количество позитивов и негативов, сушку их лучше всего производить в специальных сушильных шкафах. Существуют два типа таких шкафов. В одном из них воздух всасывается снизу и гонится электрическим вентилятором вверх. Для создания равномерного обтекания потоком воздуха всех полочек, они располагаются в шахматном порядке. Перед поступлением в шкаф воздух может подогреваться специальным подогревателем.

Данный тип сушильного шкафа не является рациональным в силу того, что воздух, быстро проходя по полочкам шкафа, не может



126. Станок для сушки негативов.

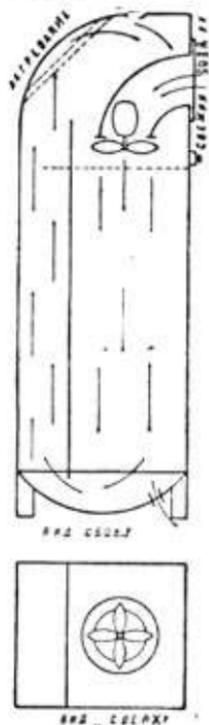
сильно насытиться влагой. Поэтому, когда воздух содержит в себе много влаги, сушка продолжается до двух часов.

Значительно эффективнее будет другой тип сушильного шкафа, в котором воздух циркулирует по замкнутой цепи. Схема его представлена на рисунке 127. Как видно из чертежа, воздух делает в шкафу замкнутое движение: сильный электрический вентилятор гонит воздух к негативам, после чего он по соответствующему каналу снова возвращается к вентилятору и опять продувается вперед и т. д. Таким образом воздух многократно обтекает негативы, все более и более насыщаясь влагой. При циркуляции он проходит около релюста и этим постоянно подогревается.

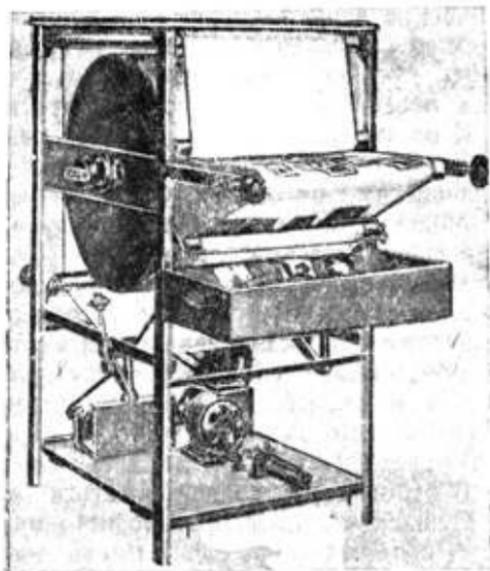
Температура воздуха регулируется тем, что после каждого полного круговорота теплый воздух смешивается с небольшим количеством свежего. Продолжительность сушки в шкафах и этого типа составляет в среднем 30—40 минут.

Для сушки позитивов имеются специальные сушильные машины, одна из которых приведена на рисунке 128. Эти машины обладают большой производительностью.

Обязательной принадлежностью фотолаборатории должны быть копировальные рамки или аппа-



127. Схема сушильного шкафа с циркуляционной подачей воздуха.



128. Сушильная машина для позитивов.

рат, служащий для получения отпечатков с негативов. Они будут подробно описаны в «Позитивном процессе».

Для удобства запоминания и справок сделаем сводку самого необходимого инвентаря фотографической лаборатории:

1. Стол для проявления.
2. Гек для воды.
3. Ведро для воды.
4. Фонарь с красным светом.

5. Стол для зарядки.
6. Шкаф для хранения химической посуды.
7. Слянки для растворов с притертыми пробками.
8. Банки стеклянные для химических веществ с притертыми пробками.
9. Кюветы разных размеров.
10. Капельницы.
11. Воронки.
12. Весы.
13. Разновесы.
14. Роговые ложки.
15. Стеклянные палочки.
16. Негативный станок для сушки негативов.
17. Копировальные рамки.
18. Копировальный станок.
19. Фильтровальная бумага.

Кроме указанного желательнo, но не обязательно, иметь следующее оборудование:

1. Штатив с приспособлением для фильтрования.
2. Фарфоровую ступку с пестиком для размельчения кристаллов.
3. Спиртовую лампочку, треногу к ней и асбестовый кружочек, чтобы пламя лампы не касалось непосредственно стеклянной посуды.
4. Алмаз для резки стекол и пластинок.
5. Специальный градусник для измерения температуры растворов.
6. Ретушевальнoй станок, служащий для исправления различных механических повреждений негативов.
7. Сушильный шкаф.
8. Машину для сушки позитивов.

§ 4. ПРАВИЛА СОДЕРЖАНИЯ ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Лаборатория должна содержаться в безукоризненной чистоте и полном порядке: все слянки, банки должны храниться с закрытыми пробками в определенном месте на полке или в шкафу.

Ядовитые вещества необходимо держать под запором.

Кюветы и сосуды, в которых производится растворение веществ, должны быть всегда чистыми. Неаккуратное содержание их приводит к образованию на негативах и позитивах дефектов (пятна, вуаль и т. д.). Поэтому время от времени кюветы должны чиститься.

Одним из лучших рецептов для удаления химических осадков является раствор двуххромовокислого калия и серной кислоты

Двуххромовокислого калия	25 г
Серной кислоты концентрированной	70 см ³
Воды до	1000 .

Раствор очень едок, почему с ним надо обращаться осторожно. Раствор очищает посуду минуты через 2—3, после чего она споласкивается несколько раз чистой водой. Раствор может употребляться повторно. Хранить его необходимо в слянке со стеклянной притертой пробкой.

Этот раствор хорошо очищает стеклянную и фарфоровую посуду.

Черный осадок металлического серебра, покрывающий пятнами кюветы, удаляется следующим раствором:

Воды	100 см ³
Марганцевокислого калия	0,2 г
Серной кислоты	5—6 капель

Затем кювета промывается слабым раствором соды и споласкивается водой.

Хорошо очищаются кюветы от окраски проявителем раствором продажной иодной тинктуры. Для этого необходимо налить в кювету 6—7 см³ тинктуры иода и покачиванием коснуться всех частей ее, покрытых налетом. Кювета очень быстро становятся чистой. После очистки кювету надо тщательно сполоснуть водой. Раствор иода можно употреблять повторно.

Кюветы, загрязненные следами гипосульфита, хорошо очищаются насыщенным раствором соды. Рецепт:

Воды	100 см ³
Соды кристаллической	20 г.

Темная комната как правило должна тщательно проветриваться, иначе от присутствия воды стены отсыреют и покроются плесенью. Желательно, чтобы лаборатория вне работы освещалась солнечным светом, что необходимо в отношении гигиены. Пол должен мыться не реже одного раза в неделю, а при большом количестве работающих—два раза. Лаборатория должна всегда иметь несколько полотенец для вытирания рук. Кроме того желательно иметь тряпку, чтобы можно было вытереть насухо пролитый какой-либо фотографический раствор. В противном случае вещество, находящееся в растворе, после высыхания остается (выкристаллизуется) на столе, полу, стене и т. д. и сможет попасть в растворы или на пластинку и вызвать иногда появление на негативах и позитивах неисправимых пятен. Рассыпанные твердые химические вещества должны обязательно тщательно собираться в бумажку и выкидываться.

Необходимо иметь разработанные правила внутреннего распорядка занятий в лаборатории. С этими правилами должны быть знакомы все работающие в данной лаборатории. Правила необходимо вывесить на видном месте. Во время занятий обязательно должно быть лицо, ответственное за сохранность фотолаборатории и т. д.

Приведем правила внутреннего распорядка занятий в лаборатории.

ПРАВИЛА

1. В фотографическую лабораторию допускаются только члены фотокружка.
2. Каждый кружковец обязуется выполнять установленные правила.
3. Работа производится только в установленное время.
4. Каждый обязан постучаться в дверь, прежде чем войти.
5. Каждый должен спросить разрешения у работающих, перед тем как зажечь белый свет.
6. Все обязаны соблюдать чистоту,—проливший или рассыпавший вещество убирает за собой сам и немедленно.
7. Тушить электричество и закрывать воду необходимо немедленно по прекращении работы.
8. Каждый отвечает за повреждения, происшедшие по его вине.

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ РАСТВОРЫ

§ 5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВАХ И ИХ ХРАНЕНИИ

В фотографии употребляется довольно большое количество различных химических веществ. Для фотографических процессов—проявления, фиксирования, ослабления, усиления, тонирования и т. д.—требуются хорошие неиспорченные продукты—химические вещества. Старые, залежавшиеся вещества могут привести к гибели прекрасно исполненную съемку.

То же самое может случиться, если вещества не будут химически чистыми. Химически чистыми веществами называются вещества, состав которых однороден, например химически чистый сульфит натрия должен состоять из одного сульфита натрия без примеси каких-либо других веществ. На практике сульфит натрия очень часто имеет в качестве примеси так называемый сернокислый натрий. Такой сульфит натрия нельзя назвать уже химически чистым, так как он загрязнен примесью другого вещества. Также загрязнены посторонними примесями бывают и другие фотографические вещества, причем в качестве примеси могут быть уже вещества, вредно влияющие на ход фотографических процессов. Поэтому химические вещества, употребляемые в фотографии, необходимо покупать в специальных магазинах. При отсутствии фотомагазина большинство фотографических веществ можно купить в аптеке или химическом магазине (не москательном).

По чистоте химические вещества разделяются на три категории, каждая из которых имеет специальное латинское наименование:

1) обыкновенный продукт, латинское название *crudum* (крудум), или *technicum* (техникум); обычно химические вещества этой категории содержат много примесей и непригодны для фотографического употребления, но некоторые из них довольно чисты и могут применяться в фотографических процессах (в дальнейшем, при описании веществ, это будет указываться);

2) очищенный продукт, латинское название *depuratum* (депуратум), имеет очень незначительное количество примесей и может употребляться почти для всех фотографических процессов и

3) химически чистый продукт, латинское название *purum* (пурум), или *purissimum* (пуриссимум), может употребляться для всех фотографических процессов.

Вследствие дороговизны химически чистых веществ фотолобитель для обыкновенных работ может с успехом пользоваться очищенным продуктом и только для особо точных работ употреблять химически чистые вещества.

Как уже упоминалось, все химические вещества должны храниться в стеклянной посуде. Жидкие—в склянках с узким горлышком и притертой пробкой; твердые—в банках с широким горлом и притертой пробкой. Только некоторые из веществ можно закупоривать обыкновенными пробками, что будет указано в своем месте при описании веществ. Вещества, чувствительные к свету, сохраняются

обязательно в темноте или в посуде темного стекла (но не на прямом солнечном свете).

Такие предосторожности необходимы, потому что многие из веществ портятся от кислорода, углекислого газа, а также от влажности, которые являются обычными составными частями воздуха.

Усвойте следующее.

1. Кислород довольно быстро окисляет различные продукты, особенно во влажном воздухе; например сульфит натрия таким образом превращается в сульфат натрия, который хотя и не является вредным продуктом, но и не оказывает полезного действия как предохранитель. На кристаллическом сульфите сульфат образует белую пыль, которую можно удалить посредством осторожного промывания водой. В безводном сульфите сульфат может быть обнаружен лишь путем химического анализа. Бисульфиты и метабисульфиты подвержены аналогичному окислению.

Все проявляющие вещества (за исключением глицина) окисляются в воздухе, принимая более или менее темную коричневую окраску, которая до известной степени позволяет определить степень окисления.

2. Углекислый газ, реагируя с едким натрием и калием, превращает их в углекислые соли, значительно менее активные. Если у вас имеются в лаборатории едкие щелочи, то посмотрите, не покрылись ли они порошкообразным налетом. Это укажет, что едкая щелочь превратилась в углекислую. При хранении едких щелочей в банке с притертой стеклянной пробкой пробка обычно «заедает» благодаря образовавшимся между ней и горлышком углекислым солям, особенно в случае едкого натрия. Рекомендуется пользоваться корковыми пробками, сделанными непроницаемыми для воздуха погружением в горячий парафин. Внутренние стенки склянок, заключающих едкие щелочи или их растворы, обычно делаются матовыми, однако количество стекла, таким образом растворенное, слишком незначительно, чтобы оказывать вредное действие.

3. Некоторые химические продукты поглощают влагу из воздуха и постепенно растворяются в воде, таким путем поглощенной. Говорят, что эти продукты расплываются и что они гигроскопичны. В большей или меньшей степени гигроскопичны: роданистый аммоний, поташ, едкий натрий и калий, азотнокислый уран. Все эти продукты должны сохраняться в сосудах, хорошо закупоренных корковой пробкой, залитой парафином.

В то время как некоторые продукты поглощают влагу из воздуха, иные продукты передают воздуху часть своей кристаллизационной воды, теряя таким образом постепенно свою кристаллическую форму и становясь порошкообразными; говорят, что эти тела выветриваются, обезвоживаются.

К ним относятся: сульфит натрия, сода, хромовые квасцы и др.

Очень сухая атмосфера лучше всего пригодна для сохранения продуктов гигроскопических, но не для сохранения продуктов выветривающихся. Единственным верным средством для обеспечения сохранности химических продуктов является их изолирование от воздуха путем герметической укупорки.

При обращении с веществами необходимо соблюдать следующие правила:

1. Ни в коем случае не брать вещества из банок руками или бумажкой и т. д. Для этой цели служат роговые ложки.

2. После того как вещество взято, необходимо тщательно вытирать ложку. Несоблюдение этого простого правила может иногда испортить приготовленный раствор. Не мешает также перед тем, как брать вещество, еще раз обтереть ложку.

3. Необходимо вещество выкладывать только на чистую бумажку или непосредственно в посуду. Выкладывать же его на стол, книги и тому подобные предметы абсолютно воспрещается, так как этим вы загрязните вещество.

Все склянки и банки должны иметь соответствующие четкие надписи, указывающие на их содержание. Для этой цели лучше всего употреблять этикетки одинаковой формы. Надписи для прочности необходимо делать черной тушью. На веществах ядовитых необходимо крупно надписывать: «Яд». Они должны храниться отдельно от остальных химических веществ и обязательно под запором. Вещества, обладающие едкими свойствами, например кислоты, и огнеопасные (бензин, спирт и т. д.) кроме основной этикетки должны иметь надписи: «Едкое», «Огнеопасно», или лучше: «Беречь от огня».

Проявляющие, фиксирующие и другие фотографические растворы обязательно должны быть снабжены надписями: «Проявитель», «Фиксаж» и т. д.

Еще более желательно, чтобы наименование растворов было указано подробнее, например: «Метоло-гидрохиноновый проявитель», «Кислый фиксаж» и т. д.

Как правило химические вещества нужно хранить в запирающемся шкафу и, по возможности не в темной комнате. В крайнем случае можно их хранить на полках или этажерках.

Практическое указание: если стеклянная пробка сидит очень крепко в горлышке склянки или банки, то необходимо горлышко слегка подогреть. При подогревании, чтобы банка не лопнула, ее надо все время поворачивать. Когда горлышко слегка разогреется, пробка вынется легко.

Работа 22. Опыты по хранению веществ

Приготовьте немного бромистого калия, едкого натра, кристаллической соды, поташа и три бумажных пакетика.

Выполнение работы.

1. Насыпьте первые три вещества порознь в каждый пакетик и оставьте их на несколько дней в лаборатории.

2. За это время сода успеет выветриться и превратится почти целиком в порошок. Поташ поглотит столько влаги из воздуха, что расплывется и пропитает пакет насквозь. Бромистый калий останется неизменным.

3. С едким натрием поступим несколько иначе. Возьмем свежкупленный продукт и отколем от палочки кусочек, который растворим в воде. После того как раствор станет прозрачным, прильем немного соляной (можно и серной) кислоты. Никаких видимых изменений раствор не получит. При употреблении серной кислоты пробирка (или

сосуд, ее заменяющий), только слегка разогреется. Кусок же, от которого брали пробу, положим в стаканчик и оставим открытым до образования мучнистого налета. После этого данный кусок растворим в воде и по растворении прильем соляной кислоты, — из раствора с шипением выделятся пузырьки газа. Это будет выделяться углекислый газ, поглощенный едким натрием (в результате поглощения образуется сода) из воздуха.

Эти опыты на практике покажут вам, какие изменения могут претерпеть вещества при ненадлежащем хранении.

Соблюдая вышеуказанные правила — сэкономите продукты.

§ 6. ПРИМЕСИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Мы не можем здесь указать все примеси, которые могут встретиться в различных химических продуктах, из-за способов приготовления или вследствие фальсификации.

Мы коснемся здесь лишь обычных примесей, оставляя без внимания вещества, добавленные с целью фальсификации.

Если проявитель окрашен, надо подозревать присутствие продуктов окисления, могущих вызвать вуаль: в то же время следует признать, что в некоторых случаях слегка окрашенный проявитель не дает большей вуали, чем совершенно безцветный проявитель.

Некоторые металлические соли, например соли меди, олова, сернистых соединений и пр. даже в очень незначительном количестве могут вызвать образование весьма интенсивных вуалей: поэтому их следует тщательно избегать.

Нижеприведенная таблица указывает наиболее обычные примеси в продуктах, применяемых для проявления и фиксирования.

Продукты	Обычные примеси	Эффекты примесей
Проявители	Продукт окисления и фальсификации	Химическая вуаль
Сульфит натрия	Сульфат натрия	Не действует как предохранитель
Бисульфит натрия	Соль железа и сульфат натрия	Соли железа окрашивают пирогаллол в красно-коричневый цвет
Едкий натрий	Сода	Уменьшает способность ускорения процесса проявления
Гипосульфит	Сульфит натрия	Уменьшает скорость фиксирования
Хромовые квасцы	Сернистый аммоний	Излишек этой соли вызывает осадок серы в фиксаже
Уксусная кислота	Вола	Слабая кислотность раствора

§ 7. СОСТАВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ

Сознательно относиться к фотографическим процессам и научиться управлять ими можно, только работая растворами, приготовленными самим. Все готовые патентованные растворы, смеси и т. п. приучают работать в темную, к тому же работа обходится дороже, чем при

пользовании растворами, приготовленными непосредственно из химических веществ.

Химические вещества делятся на твердые, жидкие, и газообразные. Жидкие вещества, или, как их короче называют, жидкости, могут растворять в себе как твердые, так и газообразные вещества. Не каждая жидкость может растворить в себе любое химическое вещество: одни вещества растворяются в воде, другие—только в спирте, эфире и т. д.

Громадное большинство веществ, употребляемых в фотографии, растворяется в воде.

Чтобы более сознательно отнестись к процессу растворения, познакомимся с водой.

Вода играет громадную роль в природе. Природная вода не бывает химически чистой. Она содержит те или иные примеси, с которыми приходится считаться при использовании воды для различных целей, в частности и в фотографии. При обыкновенной температуре вода представляет собой жидкость без цвета, запаха и вкуса. При нагревании до 100°C она кипит, превращаясь в пар (при давлении в 760 мм), при охлаждении до 0°C становится твердым телом—льдом. Химически чистую воду получают посредством перегонки или дистилляции.

Многие вещества могут вступать в то или иное взаимодействие с водой. Прежде всего они могут впитывать воду и водяные пары, не образуя при этом с нею каких-либо химических соединений. Такая вода называется гигроскопической. Она легко удаляется сама, если поместить вещество в сухом воздухе или подвергнуть незначительному нагреванию. Бумага, ткани, вата, некоторые соли и т. п. гигроскопичны.

Кристаллизационной называется вода, входящая в состав кристаллов. В отличие от гигроскопической, кристаллизационная вода всегда находится в веществе в определенном процентном отношении. Удаляется она при нагревании—иногда значительном, иногда и небольшом. Некоторые же кристаллы отдают свою воду и при обыкновенной температуре, например сульфит, сода и т. п. Этот процесс называется выветриванием.

Вода, находящаяся в открытом сосуде, постепенно испаряется. Испарение будет тем быстрее:

- 1) чем суше воздух,
- 2) чем выше температура,
- 3) чем больше поверхность жидкости и
- 4) чем сильнее движение воздуха вдоль этой поверхности.

Вода, встречающаяся в природе, как уже было сказано, никогда не бывает химически чистой. Сравнительно более чистой является вода, выпадающая из атмосферы в виде так называемых атмосферных осадков—дождя и снега. Такая вода вполне пригодна для фотографических целей.

Проходя через атмосферу, дождевые капли растворяют в себе составные части воздуха и увлекают плавающие в нем частицы пыли. После падения на поверхность земли вода испытывает дальнейшие загрязнения. Прежде всего вода увлекает механически различные мелкие частицы песка, глины, остатков организмов и т. п. Если эти частицы значительны и тяжелы, то при спокойном отстаивании воды

они опускаются на дно, если же они мелки и по своему удельному весу приближаются к воде, они могут висеть в ней очень долгое время, образуя муть. Помимо механических примесей вода может содержать ряд растворенных веществ. Входя в соприкосновение с остатками организмов, вода растворяет продукты их разложения, к которым относятся различные хорошо нам известные газы— CO_2 , H_2S и другие, а также и более сложные вещества. Далее, вода растворяет различные минеральные вещества. Среди этих веществ довольно часто встречаются соли кальция и магния (мел, известняк), эти соли широко распространены в природе. Они почти нерастворимы в чистой воде, но вода, содержащая углекислый газ, действует на них химически и превращает их в кислые соли $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2]$, которые в воде растворимы.

Кислые углекислые кальций и магний обуславливают так называемую временную жесткость воды, от которой, мы увидим ниже, сравнительно легко избавиться.

Вода может иметь еще „постоянную“ жесткость: она обуславливается присутствием в воде сернокислых солей, главным образом сернокислого кальция или гипса CaSO_4 ; простых способов удаления постоянной жесткости не существует.

Упомянем еще наконец, что вода обыкновенно содержит мельчайшие организмы—бактерии, находящиеся повсюду в воздухе на поверхности земли и в почве. Они могут оказывать вредное влияние на эмульсию, образуя в ней колонии.

Вода, используемая для точных фотографических работ, должна подвергаться полной очистке от всех примесей, что достигается перегонкой ее.

Но для обычных фотографических работ этого не требуется. В большинстве случаев можно пользоваться водой, не прибегая к очистке.

Вода может считаться годной для работы, если она:

1. Не имеет запаха. Для определения его вода наливается в склянку и сильно встряхивается; если при этом запаха не обнаружится, то вода нагревается до 40°C и вновь встряхивается. Гнилостный запах указывает на непригодность воды, вследствие присутствия сероуглерода или сероводорода. Кроме того в воде часто присутствует аммиак, определяемый по характерному запаху.

2. Не имеет какого-либо привкуса. Так соленый вкус указывает на присутствие поваренной соли, сладковатый вкус—на присутствие гипса; горьковатый вкус—на соли магния и вяжущий вкус—на соли железа.

3. Бесцветна и прозрачна, т. е. не содержит взвешенных в ней частиц.

Все эти примеси оказывают определенное влияние на качество негативов и позитивов. Так:

1) при значительном содержании в воде хлористых солей и углекислого кальция невозможно получение блестящих изображений; наличие последнего часто приводит к образованию на эмульсии небольших точек;

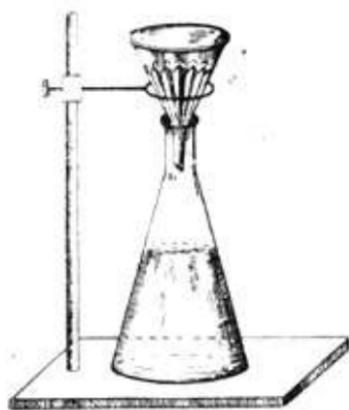
2) присутствие аммиака, азотной и азотистой кислот, сероводорода, органических веществ особенно часто вызывает порчу растворов, вуалирование изображения и т. д.

Поэтому при обнаруживании указанных примесей вода должна быть очищена. Наиболее чистой из всех естественных вод надо считать дождевую воду.

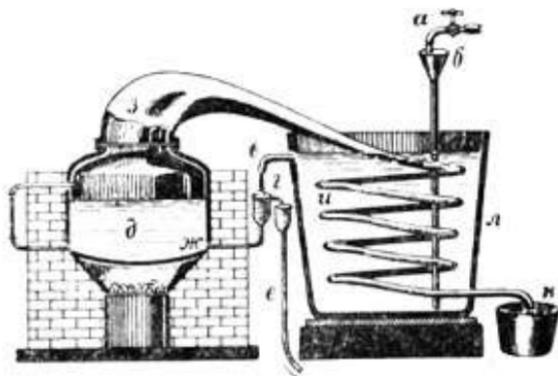
§ 8. ОЧИСТКА ВОДЫ

Очистка воды от взвешенных частиц — мути — производится фильтрованием.

Простейшим фильтром является воронка с положенным в нее кусочком ваты. Фильтрация через такой фильтр происходит очень быстро. Недостатком его является то, что он задерживает только крупные частицы, а мелкие пропускает, почему, например мутную от дождя воду отфильтровать полностью нельзя. Такой фильтр с успехом можно применять при фильтрации фиксирующих растворов для задержания посторонних примесей, которыми часто бывает загрязнен гипосульфит. Более совершенным фильтром является фильтр из особой фильтровальной бумаги (не пропускной). Такие фильтры бывают простые и складчатые. Через последние фильтрация растворов происходит в несколько раз быстрее. На рисунке 129 изображен складчатый фильтр.



129. Складчатый фильтр.



130. Перегонный куб. *д* — котел для кипячения воды; *з* — прикрывающий раструб пароотводной трубы, сужающийся в змеевик *и*; *а* — сосуд с водой для помещения в него змеевика *и*; *б* — сосуд для подачи воды ко дну сосуда *а*; *а* — водопроводный кран; *в* — слив воды из сосуда *а* в воронку *г*, откуда вода через трубку *ж* подается в котел *д*; *е* — трубка для стока излишней воды; *к* — приемник охлажденной в змеевике воды.

Указания, как изготавливаются фильтры и как производится фильтрация, будут даны в практической работе.

Очистка воды от растворенных в ней химических веществ производится посредством перегонки или дистилляции. Прибор для дистилляции нетрудно сделать самому. Главные составные части его следующие: 1) кипятыльник для нагревания воды до температуры кипения; 2) холодильник, который охлаждает выделяющиеся из кипятыльника пары обратно в воду, и 3) приемник (бутыль, стакан и т. д.), куда стекает образующаяся вода (рис. 130).

Перегнанная (дистиллированная) вода представляет собой жидкость без запаха, вкуса и цвета.

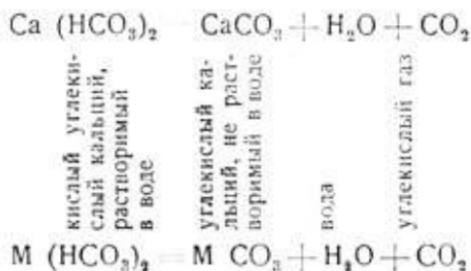
Дистиллированной водой пользуются для растворения очень ограниченного числа фотографических веществ. В этом случае в рецепте раствора всегда имеется соответствующее указание.

Кипячением также возможно избавиться от ряда химических веществ. Это особенно важно, когда вода жесткая—плохо мылит и имеет известковый вкус.

Кипячением достигается:

- 1) более или менее полное удаление газов и легко летучих веществ, так как с повышением температуры растворимость газов уменьшается;
- 2) уничтожение бактерий, большинство которых погибает при температуре кипения, и
- 3) устранение временной жесткости.

Последнее явление объясняется следующим образом. Кислый углекислый кальций и кислый углекислый магний представляют собой соединения непрочные. При кипячении воды они разлагаются по уравнениям:



После кипячения выпавшие в осадок соли CaCO_3 и Mg CO_3 можно удалить фильтрованием.

Таким образом простейший способ очистки воды сводится к следующему: нагревают воду до кипения в каком-либо чистом сосуде и кипятят в продолжение примерно 30 минут; после этого производят фильтрование.

Очищать воду от находящейся во взвешенном состоянии мути можно еще коагулированием. Коагулирование основано на том, что некоторые вещества, соединяясь с находящимися в воде примесями, образуют хлопьевидный или студенистый осадок, который при осаждении увлекает с собой и взвешенные частицы.

В качестве коагулирующего вещества обычно употребляются алюминиево-калийные квасцы; на 1 м^3 воды их берут 25—50 г. После осаждения осадка на дно, что происходит через несколько часов, чистую воду сливают.

Коагулирование надо производить только при значительном загрязнении воды механическими примесями.

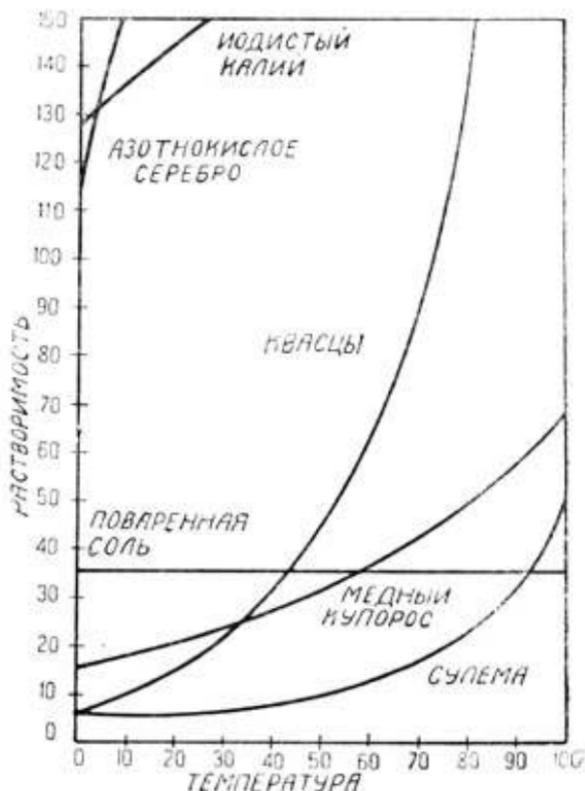
Для растворения большинства фотографических веществ можно употреблять воду прямо из водопровода или колодца. Не имеющим водопровода рекомендуется особенно пользоваться дождевой водой или водой от растаявшего чистого снега. Только проявляющие вещества необходимо растворять в прокипяченной воде, так как кипяченая вода содержит в себе меньше окисляющего проявляющее вещество кислорода.

§ 9. РАСТВОРИМОСТЬ ВЕЩЕСТВ

Вода растворяет не все вещества в одинаковой степени. Некоторые вещества, например бромистое и хлористое серебро, металлы и т. д., растворяются в воде в минимальнейших количествах. Такие вещества обычно называются нерастворимыми. Другие же вещества, а особенно употребляемые в фотографии, более или менее легко растворимы в воде. Растворимостью вещества называется то наибольшее количество вещества, которое может раствориться в 100 г воды при данной температуре. Так например для обыкновенной соли (хлористого натрия) растворимость при температуре 20° С равна 36,5 г. Для большинства твердых веществ (а нас интересуют главным образом твердые вещества) растворимость увеличивается с повышением температуры, хотя есть вещества, как например гашеная известь, гипс, у которых растворимость

с повышением температуры уменьшается. У одних веществ растворимость возрастает с температурой в очень сильной степени, например у квасцов, у других же—медленно, в слабой степени, так например у поваренной соли растворимость в воде при 100° С лишь немного больше, чем при 0° С. Иногда растворимость вещества в зависимости от температуры выражают графически (рис. 131). Вдоль горизонтальной линии наносятся температуры то 0 до 100° в направлении слева направо. На вертикальной же линии в направлении снизу вверх наносятся числа, показывающие растворимость, т. е. количества вещества в граммах, растворяющиеся в 100 г воды. Для всякого вещества получается некоторая определенная кривая линия (или прямая), показывающая характер изменения растворимости с температурой.

Из рассмотрения рисунка 131 видно, что например для квасцов кривая линия, выражающая их растворимость, быстро поднимается вверх, т. е. растворимость резко увеличивается, для поваренной соли прямая линия поднимается медленно. Пусть нужно найти растворимость квасцов при температуре 70° С. Проводим вертикальную линию, со-



131. График, показывающий растворимость различных солей в зависимости от температуры.

ответствующую этой температуре, и находим точку, где эта линия пересекает кривую квасцов. Затем через полученную точку проводим горизонтальную линию и смотрим, в какой точке она пересекает вертикальную ось.

Эта последняя точка и указывает растворимость (в данном случае около 88). Обычно же диаграмма строится на клетчатой бумаге и отсчет производится при помощи готовых вертикальных и горизонтальных линий. Чаще растворимость выражается в форме таблиц, пользование которыми очень просто.

Концентрацией раствора называется количество граммов растворенного вещества, содержащегося в 100 г раствора. Так, если концентрация раствора равняется 15%, это значит, что в 100 г раствора содержится 15 г растворенного вещества. Если в данном количестве воды при данной температуре растворено наибольшее возможное количество вещества, то такой раствор называется насыщенным, в противном случае — ненасыщенным.

Если охладить насыщенный раствор, то выпадает кристаллический осадок растворенного вещества и в растворе останется такое количество, которое не будет превышать растворимости при соответствующей температуре. При известных условиях без встряхивания и в отсутствии пыли насыщенный раствор может быть охлажден без выделения осадка кристаллов; такой раствор называется пересыщенным. Если же ввести в пересыщенный раствор ничтожную частицу той же соли, то немедленно вокруг этого «зародыша» образуются кристаллы, количество которых продолжает расти, пока не будет достигнуто насыщение раствора. Этот эффектный опыт можете проделать сами без специальных указаний. Для этой цели лучше всего воспользоваться содой или двухромово-кислым калием.

Наиболее простой способ приготовления насыщенного раствора заключается в растворении горячей водой избытка соли, охлаждении до температуры лаборатории, встряхивании смеси и в фильтровании полученного раствора.

§ 10. КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ

Кроме обыкновенных или настоящих растворов существуют еще так называемые коллоидные растворы. Коллоидами называются вещества, находясь в растворенном состоянии, не способны проникать через пергаментную бумагу, пузырь и другие подобные перепонки, в противоположность другим веществам, кристаллоидам, которые этой способностью обладают. Если взять сосуд, обрезать у него дно, заткнуть отверстие пергаментом, затем налить в сосуд раствор соли и погрузить его в другой сосуд с чистой водой, то через некоторое время нетрудно убедиться, что соль проникнет в воду, находящуюся во втором сосуде. Молекулы соли проходят через поры пергамента, и в конце концов вся соль равномерно распределится в воде обоих сосудов.

Если тот же опыт сделать с раствором белка, желатины, клея и т. п., то оказывается, что ни одно из этих веществ не проникнет в воду, находящуюся во втором сосуде, т. е. ни одно из них не способно проходить через поры нашей перегородки. Подобные растворы и называются коллоидными.

Неспособность вещества, находящегося в виде коллоидного раствора, проникать через известные перепонки, можно очевидно объяснить тем, что это вещество находится в растворе в виде частиц, размеры которых слишком велики, чтобы пройти через поры перепонки.

Размеры частиц в коллоидных растворах колеблются в пределах от 0,0001 до 0,000001 мм.

В то время как в обыкновенных растворах, например растворах различных солей, имеются отдельные молекулы растворенного вещества, расположенные среди молекул воды (или какого-либо другого растворителя), в растворах коллоидных молекулы соединены в более или менее значительные группы, которые и представляют собой частицы, видимые в ультрамикроскоп или делающие видимым в него рассеяние света, проходящего через коллоидный раствор.

В случае, если молекулы вещества очень велики по своим размерам, как например молекулы белковых веществ, они сами по себе могут давать коллоидный раствор.

Среди различных веществ металлы, например серебро, золото, могут давать коллоидные растворы.

Коллоидные растворы многих веществ склонны со временем изменяться вследствие того, что частицы вещества, находящегося в растворе, соединяются в еще более крупные скопления—и в конце концов вещество выделяется в виде осадка.

Если частицы вещества, взвешенные в жидкости, по своим размерам больше, чем частицы, находящиеся в коллоидных растворах, т. е. больше 0,0001 мм, то получается так называемая эмульсия; частицы, находящиеся в эмульсии, видны в обыкновенный микроскоп. Примером может служить фотографическая эмульсия.

Наоборот, когда частицы растворенного вещества меньше, чем в случае коллоидных растворов, получается настоящий, или обыкновенный, раствор.

При растворении некоторых веществ происходит сильное охлаждение раствора; в качестве примера укажем на гипосульфит, почему его всегда и рекомендуют растворять в горячей воде, чтобы не получить фиксирующий раствор слишком низкой температуры. Другие вещества при растворении, наоборот, повышают температуру раствора; из таких можно указать на сернистый магний, серную кислоту и т. д. Наконец имеется много веществ, которые при растворении не вызывают заметных изменений температуры раствора.

§ 11. СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАСТВОРОВ

Если вы растворите твердое вещество в жидкости, то объем раствора обычно превысит объем растворителя. Если же смешать две жидкости, то объем смеси обычно не будет равен сумме частичных объемов; чаще всего общий объем меньше суммы объемов, которые были смешаны.

Это вы легко можете проверить на опыте.

Опыт 1-й. Возьмите 10 г соды и растворите ее в 150 см³ воды. Растворение делайте в мензурке. После растворения объем жидкости увеличится до 152 см³ (техника отсчета указана ниже).

Опыт 2-й. Отмерьте по 50 см³ спирта (можно денатурированного) и воды и смешайте жидкости. Объем смеси будет равен 97 см³.

Наконец одинаковой вес различных веществ не занимает равного объема.

Фотографический раствор должен содержать в определенном объеме определенное количество каждого из составных веществ. Следовательно надо растворять различные вещества в объеме воды, значительно меньшим, чем желаемый общий объем, и после растворения добавлять воды до предписанного объема. Обычно это обозначается словами: «Воды... до 1000 см³».

В фотографической практике твердые вещества взвешиваются, жидкости — измеряются в объемных единицах; единица веса — грамм (г), единица объема — кубический сантиметр (см) или миллилитр (мл). При температуре 4° С 1 см³ дистиллированной воды весит в точности 1г; при более низкой или более высокой температуры вода имеет меньшую плотность. На практике однако обычно не принимаются во внимание небольшие изменения плотности воды.

Перейдем теперь к выражению количества растворенного вещества в процентах.

Имеется большая путаница при истолковании термина «раствор в столько-то процентов». Она основана на том, что это выражение может быть понято тремя различными способами. Зададимся например целью приготовить 5-процентный раствор бромистого калия в воде.

Имеются три следующих способа приготовления растворов.

1. В 10 см³ воды растворяется 1 часть соли, только раствор называется раствором 1:10.

2. 5 г вещества растворяются в 95 г воды для получения 100 г раствора.

3. 5 г вещества растворяются в небольшом количестве воды и по растворении его добавляют воды до 100 см³.

В первом случае раствор содержит в себе 11 весовых частей, из которых только одна весовая часть приходится на соль. Если это отношение выразить в процентах, то будем иметь: 1:11 = x:100 откуда x = 9,1%. При этом процентное содержание соли в жидкости выражено в отношении веса — в «весовых процентах».

Если бы все соли имели такой же удельный вес, как вода, то весовые проценты в то же время показывали бы, сколько граммов соли содержится в 100 см³. Но так как удельный вес большинства солей больше единицы, то для определения количества граммов соли при концентрации 1: n в 100 см³ нужно пользоваться следующей формулой:

$$\frac{100 \cdot P}{1 + n \cdot P} = \text{граммов соли в } 100 \text{ см}^3,$$

где P — удельный вес.

Нижеследующая таблица дает количество граммов в 100 см³ раствора для наиболее употребительных веществ (141 стр.).

Пример пользования таблицей: аммоний хлористый при концентрации 1:3 в 100 см³ растворах содержит соли 27,4 г. Растворы, более концентрированные, чем 1:2,9, невозможны.

Второй способ применяется главным образом при химических исследованиях.

И наконец третий способ неизменно следует применять в фотографической практике, по крайней мере в отношении твердых веществ.

Название вещества	Удельный вес	Граница растворимости	Число грамм в в 100 см ³ при концентрации							
			1:2	1:3	1:5	1:10	1:20	1:30	1:50	1:100
Калий бромистый	2,69	1:3,5	—	—	18,6	9,6	4,9	3,2	2,0	1,0
Калий едкий	2,04	1:0,5	40,2	28,7	18,2	9,5	4,9	3,2	2,0	1,0
Натрий едкий	2,13	1:1,5	20,5	28,8	18,3	9,5	4,9	3,2	2,0	1,0
Калий углекислый	2,29	1:1	41,1	29,1	18,4	9,6	4,9	3,2	2,0	1,0
Натрий углекислый (безводный)	2,48	1:6,2	—	—	—	9,6	4,9	3,2	2,0	1,0
Натрий углекислый кристаллический	1,46	1:3,4	—	—	17,6	9,4	4,8	3,2	2,0	1,0
Сульфит натрия кристаллический	1,56	1:4	—	—	17,8	9,4	4,8	3,2	2,0	1,0
Гипосульфит	1,73	1:1,0	38,8	28,0	17,9	9,4	4,8	3,2	2,0	1,0
Калий марганцевоокислый	2,71	1:16	—	—	—	—	4,9	3,2	2,0	1,0
Аммоний хлористый	1,52	1:2,9	—	27,4	17,7	9,4	4,8	3,2	2,0	1,0
Калий двухромовокислый	2,70	1:10,5	—	—	—	—	4,9	3,2	2,0	1,0
Красная кровяная соль	1,84	1:2,5	—	28,2	18,0	9,5	4,9	3,2	2,0	1,0
Сулема	5,42	1:15	—	—	—	—	5,0	3,2	2,1	1,0
Свинец азотнокислый	2,41	1:1,9	44,9	31,0	19,1	9,8	4,9	3,2	2,0	1,0
Уран азотнокислый	2,81	1:0,5	42,4	29,8	18,7	9,7	4,9	3,2	2,0	1,0

Следует заметить, что когда дело идет о слабоконцентрированных растворах, разница в концентрации между тремя растворами, приготовленными согласно первому, второму или третьему способам, не принимается во внимание с точки зрения фотопрактики.

Если вещество жидкое, то его количество выражается в той же единице объема, что и для растворителя. Например раствор 10 процентного глицерина содержит в 100 см³ глицерина,

Ввиду фактической идентичности грамма и кубического сантиметра воду иногда воздерживаются от уточнения этих единиц. Говорят например, что раствор содержит 5 частей соли или жидкости в 100 частях раствора.

В рецептуре очень часто рекомендуют добавлять жидкость по каплям. Подобное указание крайне неопределенно, так как объем капли зависит одновременно от вязкости жидкости, ее температуры и внешних размеров выходного отверстия. Можно считать, что флаконы «капельницы» дают в среднем от 15 до 20 капель на см³.

Многие соли, остываясь на воздухе, теряют кристаллизационную воду (например сольфит), или же, наоборот, поглощают некоторое количество влаги (например поташ). При употреблении таких химических всегда возможна ошибка, которая в некоторых случаях может превысить 25%.

Чтобы избежать подобной ошибки, пользуются ареометром. Таким образом, установив заранее тем или иным способом удельный вес правильно приготовленного раствора, возможно использовать очень влажную соль, или даже частично расплывшуюся, для приготовления раствора, имеющего в точности желаемую концентрацию. Следует помнить, что указания ареометра правильны лишь при определенной температуре; так раствор, приготовленный в горячей воде и имеющий например 45° по ареометру в тот момент, когда соль растворяется, может оказаться крепостью в 48 или 50° после того как раствор остыл

до комнатной температуры. Приготовление раствора путем постепенного прибавления воды и перемешивания смеси после каждой порции не рекомендуется ввиду сложности.

Кроме того всегда возможно заменить взвешивание небольших количеств продукта измерением объемов.

Предположим например, что имеются 10-процентные запасные растворы бромистого и цианистого калия и надлежит приготовить раствор:

Воды (для приготовления)	1 000 см ³
Цианистого калия	6 г
Бромистого калия	2,3 г

Достаточно отмерить соответственно 60 и 23 см³ двух растворов и добавить воды до полного объема в 1000 см³.

Чтобы взять например 0,1 г вещества, достаточно вместо взвешивания на весах отмерить в небольшой мензурке 1 см³ 10-процентного раствора этого вещества.

Очень часто в фотографической практике приходится пользоваться растворами различной крепости. Чтобы каждый раз не готовить новых растворов, их можно получить путем разбавления водой уже имеющихся реактивов большей крепости или концентрации. Делается это по следующему правилу смещения.

Налево пишется процентное содержание имеющегося раствора, например 30%; направо, на некотором расстоянии, пишется нуль, обозначающий чистую воду. Посредине ставится число, выражающее процент, который желательно получить с помощью разбавления, например 10%. Внизу под 30 ставят число, выражающее процентное содержание получаемого раствора, а под нулем—разность между тридцатью и десятью, т. е. разность между процентным содержанием крепкого раствора и раствора получаемой концентрации. Полученные числа указывают, сколько надо взять кубических сантиметров крепкого раствора и воды, чтобы получить раствор требуемой концентрации. Так в данном случае для получения 10-процентного раствора из 30-процентного раствора необходимо 10 см³ последнего разбавить 20 см³ чистой воды.

Удобство получения путем разбавления водой имеющегося запасного крепкого раствора вызывает у многих любителей желание обзавестись возможно большим количеством запасных растворов веществ, чтобы избавить себя от лишней работы по отвешиванию, растворению, фильтрации и т. д.

Запасным раствором называется концентрированный раствор, который для употребления разводят водой.

Если растворы содержат только одну соль, удобно принять для запасных растворов концентрацию в 10%, так как для получения определенного количества (в г) вещества, достаточно взять объем (в см³), в 10 раз превышающий желаемый вес в граммах. Например 75 см³ раствора в 10% бромистого калия содержат 7,5 г этой соли.

Предел концентрации запасного раствора зависит от растворимости соответствующего продукта. Как уже было сказано, растворимость уменьшается при понижении температуры, поэтому не следует применять концентрации, превышающей степень насыщения для температуры в 5°C, так как в противном случае растворенная соль кристаллизуется

в холодное время во время прекращения работы. Сульфит окисляется гораздо быстрее в разбавленных растворах, чем в концентрированных, поэтому следует готовить запасные растворы, содержащие 15% соли (30% кристаллического сульфита).

Запасные растворы рекомендуется готовить только тех веществ, растворы которых стойки. Но все же надо следить за тем, чтобы запасные растворы с течением времени обновлялись.

Можно рекомендовать следующие запасные растворы:

1. Аммоний хлористый (нашатырь).
2. Калий бромистый.
3. Калий двуххромовокислый (хромпик).
4. Калий железосинеродистый (красная кровяная соль).
5. Калий углекислый (поташ).
6. Квасцы алюминиевые.
7. Квасцы хромовые.
8. Натрий сернистый.
9. Натрий серноватистокислый (гипосульфит).
10. Натрий углекислый (сода).
11. Уран азотнокислый.

§ 12. ТЕХНИКА РАСТВОРЕНИЯ

Коснемся теперь техники растворения. Для взвешивания надо иметь-двое весов, типа Роберваля: одни для взвешивания до 100 г, другие до 1 кг. Если намечено приготовление—с экспериментальной целью—очень незначительных количеств проявителя, следует приобрести химические весы, позволяющие взвешивать с точностью до 0,01 г.

В качестве сосудов для очень незначительных количеств следует использовать конические колбы из тонкого стекла. Следует избегать банок из глазированной глины, так как в случае трещины в глазури продукты проникают в пористые стенки посуды и могут послужить причиной загрязнений других растворов, приготовляемых в той же посуде. Наиболее удобным приспособлением для размешивания является деревянная лопатка, причем во избежание загрязнения надо иметь лопатки для каждого отдельного раствора. Ручка лопатки может быть использована при измерении жидкости посредством зарубок, указывающих уровень жидкости, когда лопатка находится в вертикальном положении, опираясь о дно. Этот способ измерения может быть применен очевидно лишь для того сосуда, для которого произведена градуировка; и следовательно надо иметь лопатки отдельно для каждого сосуда, если они неодинаковы.

Взвешивание продуктов, как уже указывалось, должно происходить в особом помещении, чтобы избежать распространения реактивной пыли по лаборатории, так как это может повлечь за собой многочисленные дефекты.

Каждый продукт следует взвешивать на бумаге, и после перенесения продукта в сосуд, в котором производится смешивание или растворение, следует, не встряхивая бумагу, намочить ее для растворения и удаления пыли, которая могла пристать. Что касается взвешивания больших количеств, то следует применять сосуды из стекла или эмалированного металла.

Для измерения небольшого количества жидкостей (до 100 см³) следует применять цилиндрические мензурки, а для более значительных — конические.

Когда жидкость измеряется в цилиндрической мензурке, следует обращать внимание на уровень жидкости; вследствие капиллярного притяжения жидкость, содержащаяся в мензурке, немного поднимается вдоль стенок, образуя вогнутый мениск. Отсчет нужно производить по нижнему уровню мениска. Измерения следует производить при температуре указанной на мензурке, так как с изменением температуры изменяется и объем жидкости.

Читателю уже известно, что быстрота, с которой вещество растворяется в растворителе, зависит от температуры растворителя, от степени раздробления тела, подлежащего растворению, а также от скорости помешивания. Так как громадное большинство веществ легче растворяется при высокой температуре раствора, чем при низкой, то наиболее быстрое средство для получения раствора заключается в измельчении вещества и растворении его в горячей воде при постоянном помешивании смеси.

Так как большая часть фотографических процессов должна производиться при температуре 17—18° С, то необходимо при применении горячей воды для приготовления охладить смесь. Однако в общем итоге этот способ все же более быстрый, чем приготовление в холодной воде. Как правило горячую воду следует применять в количестве, как раз достаточном для растворения продуктов, затем дать ей почти полностью остыть и лишь тогда добавить холодной воды.

После прибавления воды следует встряхнуть склянку, в которой приготовлена смесь, или же мешать лопаткой, стеклянной палочкой—в противном случае добавленная вода будет держаться над раствором, не смешиваясь с ним, довольно продолжительный срок.

Если вода имеет более высокую температуру, нежели температура, при которой следует применить раствор, то необходимо охладить смесь льдом, помещенным в полотняный мешок, достаточно плотный, чтобы задержать механические приреси, которые может содержать лед.

При растворении безводных солей, как например углекислого сернистого натрия, их надо постепенно всыпать в воду, все время помешивая. Если же лить воду на соль, то последняя превращается в массу покрытую твердой коркой. Растворение тогда идет очень медленно.

Работа 22. Приготовление фильтров и техника фильтрования

Приготовьте: 1) несколько листов фильтровальной бумаги, 2) воронку, 3) штатив для воронки и 4) стакан или склянку
Выполнение работы.

А. Приготовление простого фильтра.

1. Вырежьте из листа фильтровальной бумаги квадратный кусок, сообразуясь с величиной вашей воронки (приблизительно, на глаз) (рис. 132).

№ 2. Сложите его пополам, как указано на рисунке 132. В месте сгиба бумагу сжимать надо слегка, иначе она по сгибу в дальнейшем может порваться.

3. Сложите полученный прямоугольник пополам. Полученную четвертушку разверните так, чтобы получился кулечек, одна половина которого состояла бы из трех листочков, а другая из одного.

4. Полученный кулечек примерьте в воронку и выдающуюся часть обрежьте ножницами (рис. 132с), полученный конус вставьте в слегка увлажненную воронку. Помните: никогда не заостряйте место сгиба бумаги, а особенно вершину конуса, так как в этом случае фильтр легко рвется.



132. Приготовление простого фильтра.

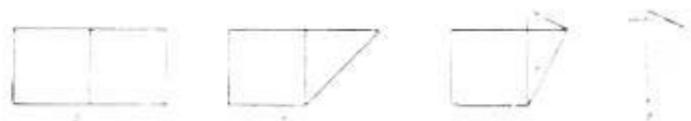
Этим вы приготовите простой фильтр.

5. Вставьте фильтр в воронку, укрепите ее на штативе так, чтобы конец касался стенки стакана. В случае если фильтрация производится в склянке, то надо следить, чтобы между воронкой и горлышком был зазор для выхода воздуха. При фильтрации без штатива для той же цели в горлышко бутылки необходимо вставить две сложенные под углом спички.

В. Приготовление складчатого фильтра.

1. Вырежьте из листа фильтровальной бумаги квадратный кусок и сложите его так, как указано в пп. 2 и 3 приготовления простого фильтра.

2. Затем придайте листку снова положение, указанное в п. 2.



133. Приготовление складчатого фильтра.

3. Согните по диагонали первую половину прямоугольника, как показано на рисунке, а затем снова разверните и согните загнутую часть квадрата пополам (рис. 133). Этим вы получите первое звено гармоник фильтра. Потом по полученному звену, загибая каждый раз в противоположную сторону (рис. 133b и 133c) сделайте гармоник и обрежьте ее по воронке (рис. 133d). Разверните ее. Подправьте плохо вышедшие складки, и складчатый фильтр будет готов. Ввиду того что вода может просачиваться через каждое его ребро, а не только через вершину конуса, фильтрация в нем происходит во много раз скорее, чем в простом фильтре.

4. Дальнейшая работа с фильтром совершенно аналогична п. 5 предыдущей работы.

Работа 23. Приготовление 45-процентного раствора гипосульфита и последующее разведение его водою до 35%

Приготовьте: 1) гипосульфит, 2) весы с разновесами, 3) две склянки на 200 см³, 4) листик чистой бумаги, 5) роговую ложку, 6) чистую тряпку или полотенце, 7) стакан и 8) стеклянную палочку.

Выполнение работы:

1. Положите на чашку весов листок бумаги и проверьте уравновешенность весов; если одна из чашек перетягивает, то уравновесьте ее кусочком спички, мелкой дробинкой и т. д.

2. Поставьте на чашку 45 г и насыпьте из банки осторожно роговой ложечкой на листок гипосульфита. Точно отвесьте 45 г.

3. Аккуратно снимите листок с чашки весов и высыпьте гипосульфит в стакан.

4. Отмерьте мензуркой 45 см³ горячей воды и вылейте ее в стакан. Помешивая стеклянной палочкой, растворите гипосульфит. Наощупь, а при желании и термометром, убедитесь, насколько охладился раствор.

5. Вылейте полученный раствор в мензурку и добавьте воды до 100 см³.

Этим вы получите 45-процентный раствор гипосульфита.

6. Возьмите 35 см³ приготовленного 45-процентного раствора гипосульфита и долейте его 10 см³ воды.

Этим вы получите 35-процентный раствор гипосульфита.

7. Полученные растворы вылейте в склянки и закупорьте их пробками.

8. Роговую ложку вытрите полотенцем и положите на место. Стакан и мензурку, ополоснув хорошенько водою, протрите досуха полотенцем и поставьте на место. Уложите разновесы в футляр. Листок выбросьте.

ВОПРОСЫ

Проработав главу о фотографической лаборатории, постарайтесь дать себе ясные ответы на следующие вопросы:

1. Для чего при фотографических процессах нужна темная комната?
2. Каким условиям должно удовлетворять освещение темной комнаты?
3. Можно ли употреблять в качестве фильтра всякое красное стекло?
4. На каком расстоянии должна находиться пластинка от фонаря при проявлении?
5. Перечислите основное оборудование лаборатории.
6. Какие кюветы наиболее удобны для работы?
7. Повторите правила внутреннего распорядка в лаборатории.
8. На какие категории разделяются по чистоте химические вещества?
9. Что представляет собой процесс растворения веществ?
10. Какие способы очистки воды вы знаете?
11. Что такое насыщенный раствор?
12. Какие явления происходят при растворении веществ?
13. Какими способами выражается содержание вещества в растворе?
14. В чем заключается правило разведения растворов водою?

15. Что такое запасный раствор?
16. Из каких веществ можно приготовить запасные растворы?
17. Какие фильтры применяются для фильтрации?
18. Сделайте простой фильтр.
19. Сделайте складчатый фильтр.
20. Какое количество гипосульфита надо взять для составления 25-процентного раствора и в каком количестве воды его растворить?

ЛИТЕРАТУРА

К. Неблит, Общий курс фотографии, перев. с англ. под ред. проф. К. Чибисова и В. Недзвецкого, т. II, стр. 341—354.

К. Кребтри Матьюс, Приготовление фотографических растворов, перев. под ред. проф. Ермилова, изд. Учебного комбината гражданского воздушного флота, 1931.

В книге содержатся исчерпывающие сведения о приготовлении фотографических растворов, замене одних химикалий другими.

Артур Гюбль, Ортохроматическая фотография и светочувствительные фильтры, перевод с немецкого Н. Улович, стр. 137—143, изд. Теакнионпечат, 1930.

Книга излагает теорию и практику приготовления светочувствительных фильтров для различных целей и в частности для темных комнат фотолабораторий.

„Пролетарское фото“, № 4, 1931. В. А. Яштолд-Говорко, Приготовление фотографических растворов.

Д. А. Сольский, Аэрофотография, стр. 27—47 и 56—62, изд. ГИИИ, 1931.

В книге трактуются специальные вопросы аэрофотографии, но в ней имеется также много общих ценных указаний по изготовлению растворов, интересных для любого фотоработника.

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

НЕГАТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ

ГЛАВА I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НЕГАТИВНОМ МАТЕРИАЛЕ

§ 1. ПОНЯТИЕ О НЕГАТИВНОМ МАТЕРИАЛЕ

Негативным материалом называются стеклянные пластинки и целлулоидные пленки, покрытые с одной стороны светочувствительным эмульсионным слоем.

Эмульсионный слой представляет собой плотно прилегающую к подложке, т. е. к стеклу или целлулоиду, тонкую, гибкую пленку, состоящую из желатины — всем известного вещества, употребляющегося в хозяйстве, — содержащей мелкие частицы другого вещества — бромистого серебра.

Бромистое серебро и есть то светочувствительное вещество, благодаря которому на фотографической пластинке или пленке получается под действием света и после соответствующей обработки (проявления) изображение фотографируемых предметов.

Примером светочувствительного вещества могут служить различные краски. Известно, что окрашенные ткани обладают способностью под действием солнечного света выгорать — красящие вещества ткани подвергаются при этом изменениям; подобного рода вещества и называются светочувствительными. Если покрыть ткань каким-нибудь предметом, не пропускающим света, сделав в этом предмете (например картоне) вырезы, то по истечении известного времени можно будет очевидно получить изображение (рисунок) этих вырезов на общем фоне неизменившейся ткани. Подобного рода изображение можно назвать фотографическим, потому что оно получилось посредством действия света.

Помимо бромистого серебра в фотографические эмульсии входят еще хлористое и иодистое серебро¹.

Познакомимся теперь со способом получения бромистого серебра. Для этой цели на раствор бромистого калия действуют раствором азотнокислого серебра, в результате чего получается следующая реакция:



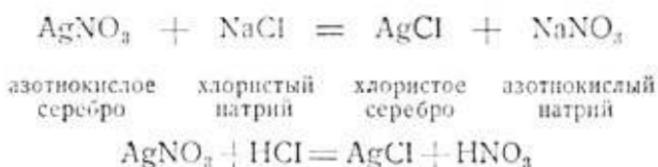
Азотно- кислое серебро	бромистый калий	бромистое се- ребро	азотно- кислый калий
------------------------------	--------------------	------------------------	----------------------------

¹ Напомним читателю, что хлор, бром и иод носят общее название галогенов, а их соли называются галогенидами.

Бромистое серебро при данной реакции выделяется в форме хлопьевидного «творожистого» осадка; это так называемое хлопьевидное видоизменение бромистого серебра. Кроме того существует еще порошкообразное и зернистое видоизменения, из которых наибольшей светочувствительностью обладает зернистое видоизменение. Бромистое серебро наиболее чувствительно к синим и фиолетовым, а также к ультрафиолетовым лучам спектра, к остальным лучам оно почти нечувствительно. Оно нерастворимо в воде, но растворяется в растворах сульфата натрия, гипосульфита, бромистого калия и других солей, причем одним из лучших растворителей его является гипосульфит, которым и пользуются в фотографической практике.

Значение бромистого серебра в фотографии огромно. Будучи наиболее светочувствительным по сравнению с другими соединениями серебра, оно служит для изготовления светочувствительного слоя пластинок и пленок, а также и некоторых сортов фотографических бумаг.

Для получения хлористого серебра действуют на раствор азотнокислого серебра раствором соляной кислоты или какой-либо соли этой кислоты, например:



Хлористое серебро выделяется в виде белого творожистого осадка, который под действием света темнеет, причем потемнение на ярком солнечном свете происходит особенно быстро. Наиболее чувствительно хлористое серебро, как и бромистое, к синим и фиолетовым а также ультрафиолетовым лучам. Хлористое серебро, как и бромистое, растворяется в растворах довольно многих солей, в частности оно хорошо растворяется в растворе гипосульфита, который является обычным растворителем хлористого серебра при фотографических работах. Кроме того хлористое серебро легко растворимо в аммиаке. Хлористое серебро является составной частью светочувствительного слоя фотографических бумаг и диапозитивных пластинок.

Для получения иодистого серебра прибавляют к раствору азотнокислого серебра какой-либо соли иодоводородной кислоты, например иодистого калия, причем происходит реакция:



Иодистое серебро выделяется в виде желтого творожистого осадка. Лучшим растворителем иодистого серебра является цианистый калий, который и применяется для этой цели в фотографии. Гипосульфит растворяет иодистое серебро в незначительной степени.

Изложенное проверим на опыте.

Работа 24. Приготовление бромистого и хлористого серебра

Приготовьте: 1) небольшое количество (примерно $\frac{1}{2}$ чайной ложки) поваренной соли, 2) бромистого калия такое же количество, 3) одну палочку ляписа (он называется еще азотнокислым серебром, его можно приобрести в аптеке), 4) воды полстакана, 5) пять пробирок (их можно заменить чистыми рюмочками или небольшими стаканчиками).

Выполнение работы.

1. Налейте в три рюмки воды. Растворите в одной поваренную соль, в другой—бромистый калий, а в третьей—кусочек ляписа. Когда поваренная соль и бромистый калий растворятся, отлейте половину растворов в две оставшиеся пустыми рюмки. Тогда у вас будут две рюмки с раствором поваренной соли, две рюмки с бромистым калием и одна рюмка с раствором ляписа. Посмотрите растворы на свет—они должны быть прозрачны (раствор ляписа может иногда быть слегка мутным, но это на исход опыта не повлияет).

2. Прилейте в рюмку (пробирку) с поваренной солью половину раствора ляписа; тотчас же выпадет творожистый белый осадок хлористого серебра.

Вначале мы имели два растворимых вещества—поваренную соль и ляпис; когда их соединили вместе, то образовалось два новых вещества, из которых одно бромистое серебро—в воде нерастворимо, а потому выпадает в виде осадка (он через некоторое время осядет на дно); другое—азотнокислый натрий—вещество растворимое, а потому и остается растворенным в жидкости, находящейся над осадком.

3. Затем прилейте в рюмку (пробирку) с бромистым калием ляписа, тотчас же выпадет творожистый осадок, очень похожий на ранее полученный, но имеющий желтовато-белый цвет. В результате взаимодействия этих двух веществ получится, как и в случае образования хлористого серебра, нерастворимый осадок бромистого серебра, выпадающий на дно сосуда, и растворимое в воде вещество—азотнокислый калий.

4. Выставьте эти две рюмки (пробирочки) на солнечный свет (лучше прямой) и наблюдайте, что происходит. Скоро вы заметите, как галоидное серебро со стороны света начнет темнеть. Если оставить полученное бромистое и хлористое серебро стоять дольше на свету, то оно потемнеет по всей своей толще. В этом случае вы явитесь свидетелем энергичного разрушения светом светочувствительных веществ—бромистого и хлористого серебра.

Не трудно доказать, что это явление именно происходит под действием света.

5. Получите в темной комнате в двух оставшихся рюмках (пробирках) новые порции бромистого и хлористого серебра. Оставьте их стоять в темноте. Через некоторое время (безразлично какое) вынесите их на свет,—вы не заметите никаких изменений.

Сравните содержимое этих рюмок с ранее выставленными на свет. Итак мы опытом неопровержимо установили, что хлористое и бромистое серебро светочувствительны и что они способны изменяться под действием света.

§ 2. ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАСТИНКИ И ПЛЕНКИ

Галоидное серебро, полученное вышеописанным способом, т. е. прибавлением раствора азотнокислого серебра к водному раствору соли соляной или бромистоводородной или иодистоводородной кислоты, представляет собой хлопьевидное видоизменение галоидного серебра и отличается небольшой чувствительностью, а потому непригодно для фотографических целей. Для фотографических целей пользуются зернистым видоизменением галоидного серебра, которое получается, если галоидное серебро образуется не в воде, а в каком-либо вязком веществе, например желатине.

Желатина, встречающаяся в продаже, представляет собой полупрозрачные тонкие листки. Она получается при вываривании в особых аппаратах костей и соединительной ткани животных.

Чтобы получить галоидное серебро в желатине, необходимо взять желатинный раствор бромистого калия или поваренной соли и в него прилить раствора азотнокислого серебра. В этом случае осадка не получается, так как желатина, будучи вязкой, задерживает осаждаемые бромистого серебра, и частицы бромистого серебра остаются во взвешенном состоянии, образуя молочнообразную жидкость, которая называется эмульсией. В этой эмульсии бромистое серебро получается не в виде хлопьев, а в виде очень мелких, невидимых простым глазом зернышек. Если в состав эмульсии входит бромистое серебро, то она называется бромосеребряной эмульсией; если хлористое серебро, то — хлоросеребряной, если то и другое вместе, то — хлоробромосеребряной.

Работа 25. Приготовление желатиновой светочувствительной эмульсии

Приготовьте: 1) бромистый калий, 2) ляпис, 3) желатину (обыкновенную, употребляемую в пищу) и 4) три пробирки (пробирки).

Выполнение работы.

1. Налейте в пробирку кипящей воды и растворите в ней бромистый калий; затем бросьте в нее несколько кусочков желатины. В горячей воде она должна быстро раствориться. Когда вся желатина растворится и образует вязкую полупрозрачную жидкость, прилейте в пробирку азотнокислого серебра и несколько раз с силой встряхните ее. От встряхивания азотнокислое серебро более равномерно проникает в желатину, а значит более равномерно образует в ней бромистое серебро. Встряхнув пробирку, посмотрите: вы увидите в ней молочнообразную массу.

2. Поставьте пробирку на свет. Через некоторое время эмульсия потемнеет. Значит вы получили светочувствительную бромосеребряную эмульсию.

Разумеется качества полученной эмульсии будут крайне низки. На фабриках, где получают, или, как говорят, «варят» эмульсию, все происходит во много раз сложнее, но принцип получения эмульсии тот же (о получении эмульсии будет сказано ниже). Данный опыт проделывался нами для удобства на свету, но при фабричном изготовлении все процессы происходят исключительно при темно-красном освещении, иначе в процессе изготовления эмульсия под

действием солнечного света пришла бы в негодность (красный свет на эмульсию почти не действует).

Высушенная и затвердевшая эмульсия и составляет светочувствительный слой фотографических пленок и пластинок. Для съемок употребляется обычно бромосеребряная эмульсия, так как хлоросеребряная мало чувствительна к свету, а потому она применяется только для изготовления фотографических бумаг, о чем будет подробно сказано ниже.

Пластинки изготавливаются разных размеров, из которых наиболее употребительные следующие:

$4\frac{1}{2} \times 6$ см	13×18 см
6×9 ..	18×24 ..
9×12 ..	9×18 ..
10×15 ..	9×14 ..
	$4,5 \times 10,7$..

Фотографические пластины упаковываются в картонные коробки по 6 или 12 штук. Они складываются попарно эмульсией друг к другу и заворачиваются для предохранения от сырости в тонкую плотную бумагу (пергаментную или восковую). Кроме того все пластины бываю обернуты в плотную, совершенно светонепроницаемую черную бумагу. На коробке наклеивается этикетка, на которой отмечается количество пластинок в коробке, их размер, номер эмульсии, ее свето- и цветочувствительность. Иногда на этикетке указан срок годности пластинок.

К недостаткам стеклянных пластинок относится их хрупкость, частое присутствие на стекле пузырей, царапин и т. д.

Пленки вырабатываются двух видов: а) плоские и б) в виде длинных лент.

Плоские пленки размера больше 13×18 см не встречаются, так как большему размеру очень трудно (не утолщая пленки) придать совершенно плоское положение. Длинные пленки, так называемые катушечные или ролевые, рассчитываются обычно на 6 — 12 снимков.

Плоские пленки поступают в продажу в особой упаковке — фильмапках (пакетах плоских пленок). Фильмапак состоит из ряда листиков плотной бумаги, к которой прикреплены пленки. Катушечная пленка наматывается на катушку совместно с черной бумагой, защищающей пленку от действия света во время экспозиции. Все пленки также снабжаются этикеткой, на которой указываются те же данные, что и для пластинок. Срок годности пленок дается всегда, так как по истечении его пленки обычно начинают портиться. У нас в СССР выпуск фильмапков и катушечных пленок намечен ФОХТ в ближайшее время.

К достоинствам пленок относится то, что они не бьются, не ломаются и по весу в 10 раз легче стекла; допускают равномерной толщины выработку и представляют значительные удобства при разрезании на требуемые размеры. К недостаткам пленок относится их огнеопасность.

При надлежащей упаковке и хранении в сухом помещении пластины и пленки могут сохраняться очень долго.

Особенно боятся пластины и пленки сырости, которая вызывает на них пятна, вуаль и т. д. Поэтому настоятельно советуем хранить

их в сухом, прохладном (но не холодном) помещении. Хранить пластинки в теплом месте не рекомендуется, так как на желатине могут размножиться микробы и испортить ее. Хранение у печки абсолютно запрещается — от высокой температуры эмульсия может расплавиться и оплывать.

Пластинки всегда должны храниться не лежа, а стоя на ребре.

Безусловно запрещается держать пластинки в шкафу с химикатами или в темной комнате, потому что как в первом, так и во втором случае испарения, например от кислых фиксажей, нашатырного спирта и т. д., действуют разрушающе на светочувствительный слой пластинок.

§ 3. СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И ЦВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАСТИНОК И ПЛЕНОК

Светочувствительность негативного материала — пластинок и пленок — является его важнейшим свойством, с которым приходится считаться при всякой фотографической съемке. Чтобы удачно произвести съемку, надо знать (хотя бы приблизительно), насколько светочувствительна предназначенная для съемки пластинка или пленка. У различных сортов пластинок и пленок светочувствительность неодинакова. Пластинка (пленка) считается более светочувствительной, чем легче она подвергается действию света, т. е. чем меньшее количество света способно вызвать в ней изменения, необходимые для получения изображения фотографируемого сюжета.

Светочувствительность негативного материала зависит от способа приготовления его эмульсионного слоя и может изменяться в очень широких пределах.

Читатель должен твердо уяснить себе, как обозначается степень чувствительности пластинок и пленок и как они разделяются (классифицируются) в зависимости от степени светочувствительности.

На этикетках коробок с пластинками нашего производства указывается: «Нормальной чувствительности», «Высшей чувствительности» и «Наивысшей чувствительности». На немецких пластинках имеются следующие надписи:

«Rapid» (рапид) — высокочувствительные пластинки (быстрые), «Extra rapid» (экстра рапид) — высшей чувствительности и «Ultra rapid» (ультра рапид) — наивысшей чувствительности.

Кроме указанных основных подразделений чувствительность пластинок (пленок) обозначается еще более точно — в «градусах», определенным числом. Мерой чувствительности служит наименьшая степень освещения пластинки, вызывающая наименьшее, едва заметное почернение. Имеется ряд методов определения светочувствительности, и в зависимости от этого числовые выражения чувствительности одной и той же пластинки различны. Чувствительность пластинок и пленок в градусах также указывается на этикетках.

Для перехода от одной системы чувствительности к другой существует много таблиц. Из них мы приводим здесь таблицу, помещенную в журнале „Photographische Industrie“ (№ 49, 1930). Авторами ее являются д-р В. Формштрегер, д-р К. Якобсон и проф. П. Ней-

гебауер. В таблице приведены данные чувствительности по Шейнеру, Эдеру-Гехту и Хертеру-Дриффильду, а также величины относительной чувствительности.

Наиболее употребительные обозначения в градусах:

1. Шейнера (Scheiner), условные обозначения: по-немецки S, по-русски Ш и Эдер-Гехта (Eder Hecht), условные обозначения по-немецки E—H, по-русски—Э. Эти системы обозначения наиболее распространены в Германии.

2. Хертера и Дриффильда, условные обозначения: по-русски—X и Д, по-английски—H & D.

Светочувствительность пластинок	Выражение светочувствительности в градусах			
	Шей-нер	Эдер-Гехт	Хертер и Дриф-фильд	Относительная чувствительность
Малочувствительные	1	42	6	1,0
	2	45 (44—46)	8	1,27
	3	48	10	1,52
	4	50	13	2,07
	5	53 (52—54)	17	2,64
	6	56	22	3,36
	7	58	27	4,28
	8	61 (60—62)	35	5,40
Нормальной чувствительности	9	64	45	6,95
	10	66	50	8,86
	11	69 (58—70)	72	11,29
	12	71 (70—72)	91	14,38
Высокой чувствительности (быстрые)	13	74	117	18,33
	14	77 (76—78)	150	23,36
	15	79 (78—80)	190	29,76
Высшей чувствительности	16	82	240	37,93
	17	84	308	48,33
	18	87 (86—88)	390	61,58
	19	90	500	78,45
	20	92	640	100
Наимышей чувствительности	21	95 (94—96)	820	127
	22	98	1 050	162
	23	100	1 300	207
	24	103 (102—104)	1 700	264
	25	106	2 100	336
	26	108	2 700	428
	27	111 (110—112)	3 500	540
	28	113 (112—114)	4 400	695
Сверхчувствительные	29	116	5 600	886
	30	119 (118—120)	7 200	1 130
	31	121 (120—122)	9 100	1 440
	32	124	11 600	1 830

Данная таблица выражает чувствительность пластинок в градусах и устанавливает одновременно соотношение различных обозначений. Надо заметить, что ввиду различия методов определения чувствительности светочувствительных слоев точного соотношения сенситометрических шкал не существует.

В последней графе «Относительная чувствительность пластинок» указаны относительные количества света, после воздействия которых и последующего проявления вызывается на пластинках различной чувствительности самое слабое, едва заметное почернение. Так например для пластинок чувствительностью в 1°Ш, 6° X и Д для появления едва заметного почернения требуется света в сто раз больше, чем для пластинок чувствительностью в 20° Ш, 636° X и Д.

Пользуясь указанной таблицей, зная чувствительность пластинок по какой-либо системе, легко определить чувствительность в любом обозначении.

Изображение на негативах передается в тонах от черного до белого. Некоторые сорта пластинок и пленок передают изображение в очень ограниченных тонах, с резкими переходами от черного цвета к белому; другие же передают его постепенно, с большим количеством переходов от черных мест к светлым. Первые пластинки (пленки) называются контрастнороботающими, вторые — мягкороботающими, или мягкими.

Малочувствительные пластинки работают контрастнее высокочувствительных.

В зависимости от чувствительности пластинки могут служить для тех или других целей. Чем чувствительнее пластинки, тем шире область их применения, но тем труднее получить на них хороший результат. Начинаящему лучше всего работать на пластинках нормальной или высшей чувствительности. Рекомендуем не разбрасываться в использовании различного негативного материала, а выбрав один сорт пластинок, основательно изучить его и только тогда переходить к другому.

В общем можно дать следующее подразделение употребления пластинок и пленок (обыкновенных) по их светочувствительности:

1. Малочувствительные употребляются преимущественно для репродукции и съемок, где допускается большая экспозиция.

2. Нормальной чувствительности можно употреблять при съемках, где не требуется очень малой экспозиции. На них исключаются спортивные, фоторепортажные, съемки детей в комнате и съемки быстро движущихся предметов.

3. Высокочувствительные (быстрые) при благоприятном освещении и светосильных объективах — можно употреблять при любых съемках, так что их можно считать универсальными.

4. Высшей чувствительности пригодны для любых съемок при неблагоприятных условиях освещения. Допускают самые малые экспозиции.

5. Наивысшей чувствительности и сверхчувствительные допускают съемки при самых неблагоприятных условиях освещения.

Кроме разделения по своей светочувствительности (чувствительности к белому свету) фотографические пластинки и пленки разделяются еще на три класса, в зависимости от степени их чувствительности к различным лучам солнечного спектра.

Различаются:

- 1) обыкновенные пластинки,
- 2) ортохроматические и
- 3) панхроматические.

Не все цвета спектра оказывают одинаковое химическое воздействие на бромистое серебро, а именно: на обыкновенную фотографическую пластинку или пленку, содержащую в качестве светочувствительного вещества исключительно галоидное серебро, действуют голубые, синие и фиолетовые лучи; желтые, зеленые, оранжевые и красные на них почти никакого действия не оказывают.

Это обстоятельство является очень важным, и на него читатель должен обратить внимание. Дело в том, что глазом наиболее ярко воспринимаются желто-зеленые цвета. Наиболее же темными кажутся синие и фиолетовые. Таким образом глазом цвета воспринимаются совершенно иначе, чем обыкновенной фотографической пластинкой.

Рассматривая фотографию какого-нибудь окрашенного в различные цвета предмета, произведенную на обыкновенной пластинке, мы получаем неправильное, искаженное представление о соотношении яркостей цветов сфотографированного предмета.

Этот недостаток обыкновенной пластинки в настоящее время устраняется введением в светочувствительную эмульсию, кроме бромистого серебра, еще ряда веществ, так называемых оптических sensibilizаторов. Эти вещества очувствляют пластинки к оранжево-желто-зеленым лучам.

Фотографические пластинки, очувствленные не только к фиолетовым, синим и голубым лучам, но и к зеленым и желтым, называются ортохроматическими, а очувствленные ко всем лучам — панхроматическими.

Ортохроматические пластинки употребляются для съемок видовых (ландшафтных), портретов и цветных предметов.

Панхроматические пластинки применяются для тех же съемок, но главным образом ими пользуются для съемок картин, в трехцветной, судебной фотографии и технической фотографии.

Начинающему фотографу нет необходимости пользоваться панхроматическими пластинками, так как работать с ними приходится почти в абсолютной темноте.

Светочувствительность как ортохроматической, так и панхроматической пластинки выражается в тех же величинах, что и обыкновенной, почему вышеприведенная таблица пригодна и для них. Для определения их светочувствительности существуют другие способы, о которых будет сказано ниже. Но следует помнить, что сравнивать друг с другом можно только однородные пластинки, т. е. обыкновенные с обыкновенными, ортохроматические с ортохроматическими и т. д., а ни в коем случае нельзя сравнивать например обыкновенную пластинку с ортохроматической и панхроматической.

Различить обыкновенную пластинку от ортохроматической и панхроматической очень легко по внешнему виду. Так обыкновенная пластинка имеет эмульсию зеленовато-желтого цвета, ортохроматическая имеет эмульсию слегка розового цвета и панхроматическая — серовато-коричневого цвета.

Противорефлекльные пластинки. Световые лучи от светящегося или блестящего предмета проходят сквозь светочувствительный слой пластинки и отражаются от задней поверхности стекла.

Отраженные лучи вновь действуют на светочувствительное серебро. При отражении они расходятся пучком, вследствие чего захватывают своим действием значительно большую площадь, чем само изображение светящегося или блестящего предмета, создавая вокруг него освещенное место — «ореол» (рис. 134).

Сделать пластинку противоореольной можно несколькими способами:

1) покрывают заднюю сторону пластинки поглощающим свет слоем (черным или красным);

2) помещают между стеклом и эмульсией красный или оранжевый слой; тогда сквозь слой проходит только красный свет, который если и отражается от задней поверхности стекла, то не производит никакого действия на светочувствительный слой;

3) наносят на стекло два или три слоя эмульсии различной чувствительности. В таких пластинках отраженные лучи поглощаются нижним малочувствительным слоем, а потому не действуют на верхние, более чувствительные слои. Такие пластинки называются *занделевскими*.

Противоореольные пластинки бывают обыкновенные и ортохроматические.

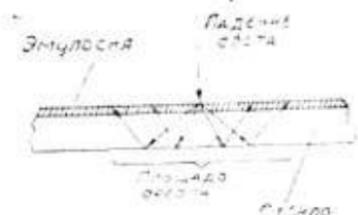
Противоореольные пластинки применяются при съемках против света, светящихся предметов, машин с полированными и никелированными частями и т. д.

Пленки по своей природе противоореольны.

Фотомеханические пластинки отличаются небольшой чувствительностью и дают очень контрастные изображения. Они употребляются преимущественно для репродукции штриховых рисунков, планов, чертежей и т. д.

Обращение с пластинками: раскрывать и вынимать из коробки пластинки можно только в темноте или при красном освещении.

Чем пластинки чувствительнее, тем больше надо защищать их от действия красного света. Высокочувствительные ортохроматические пластинки надо вынимать и заряжать ими кассеты вдали от красного света или он должен быть очень слабым. Иначе пластинки могут при проявлении дать вуаль. С панхроматическими пластинками вследствие их чувствительности к красному свету необходимо работать в темноте или при очень слабом темнозеленом свете.



134. Схема ореола.

ГЛАВА II

ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ЭМУЛЬСИЯ

§ 4. ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИИ

Как уже известно читателю, в состав эмульсионного негативного материала входит бромистое серебро как самое чувствительное к свету с незначительной примесью иодистого серебра. Бромистое же серебро как менее чувствительное применяется в основном материале.

Бромжелатиновая эмульсия получается при смешивании водного раствора азотнокислого серебра с желатиноводным раствором бромистого калия.

Кроме этих главных веществ, т. е. азотнокислого серебра, бромистого калия (или бромистого аммония), желатины и воды, к эмульсии прибавляются в зависимости от цели и способа приготовления: кислоты, алкоголь, щелочи и аммиак.

Для того чтобы иметь возможность сознательно отнестись к химическим процессам, происходящим при образовании эмульсии, познакомимся с вышеуказанными веществами.

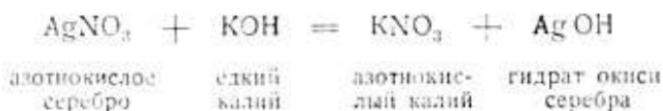
Азотнокислое серебро

Азотнокислое серебро AgNO_3 представляет собой бесцветные блестящие пластинчатые кристаллы, легко растворимые в воде. Водный раствор имеет металлический вкус и разъедает кожу. Химически чистое сухое азотнокислое серебро на свету не изменяется. В присутствии же органических веществ (пыль, бумага и пр.) происходит разложение, сопровождающееся выделением металлического серебра, поэтому азотнокислое серебро следует хранить в банке из темного стекла и плотно закрытой, во избежание загрязнения.

Азотнокислое серебро поступает в продажу как в форме кристаллов, так и в сплавленном виде — в форме палочек, называемых лмписом (в медицине) и употребляющихся для прижигания ран. Для фотографических целей лучше употреблять первое, так как плавленая соль содержит нередко примесь селитры.

Водные растворы азотнокислого серебра необходимо делать на дистиллированной воде, так как имеющиеся в обыкновенной воде соли соляной кислоты дают с азотнокислым серебром осадок или легкую муть.

Характерной реакцией на азотнокислое серебро является действие едкой щелочи, в результате чего выпадает черный осадок окиси серебра.



Образующийся гидрат окиси серебра сейчас же разлагается на воду и черную нерастворимую окись серебра, согласно уравнению:



Продажное азотнокислое серебро часто содержит различные примеси, которые, попадая в светочувствительную эмульсию, вредно отзываются на ее качествах. Чистоту азотнокислого серебра определяют следующим образом: к водному раствору азотнокислого серебра прибавляют соляной кислоты в избытке, т. е. в таком количестве чтобы все количество азотнокислого серебра превратилось в хлористое серебро. Выпадает осадок хлористого серебра. Нагретую жид-

кость фильтруют и выпаривают. Если испытываемое азотнокислое серебро чисто, то не должно остаться никакого твердого остатка после выпаривания.

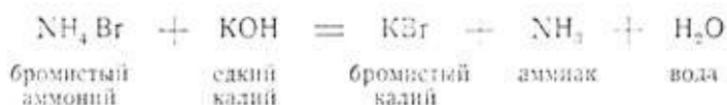
Бромистый аммоний

Бромистый аммоний NH_4Br представляет белые кубические кристаллы, остросоленные на вкус. Хорошо растворимы в воде, труднее в спирту и почти нерастворимы в эфире. Бромистый аммоний очень гигроскопичен и на воздухе и свету желтеет, почему хорошо сохраняется только в банках темного цвета с хорошо притертой пробкой.

Водный раствор бесцветен, на вкус солоноват, не имеет запаха, но при нагревании пахнет аммиаком вследствие разложения на аммиак и бромистоводородную кислоту.

Свежеприготовленный раствор имеет нейтральную реакцию, после кипячения — кислую. Сохраняется при надлежащем хранении как в твердом, так и в жидком состоянии неограниченное время. Сильно действующее на организм человека вещество.

Характерной реакцией на бромистый аммоний является действие азотнокислым серебром, вследствие чего выпадает желтоватый осадок бромистого серебра. При действии едкой щелочью выделяется аммиак, согласно уравнению:



Бромистый калий KBr представляет собой крупные прозрачные бесцветные кубической формы кристаллы, легко растворимые в воде. Раствор на вкус солоноват. Кристаллы на воздухе сиреют. Хранить бромистый калий рекомендуется в хорошо закупоренных банках темного стекла. Характерной реакцией на бромистый калий является действие азотнокислого серебра, причем выделяется бромистое серебро.

Хлористый натрий

Хлористый натрий NaCl представляет всем известные бесцветные кристаллы или кристаллический порошок. Кристаллы хлористого натрия имеют кубическую форму. При действии на раствор хлористого натрия азотнокислым серебром выделяется осадок хлористого серебра.

Иодистый калий

Иодистый калий KI представляет собой бесцветные прозрачные кубической формы кристаллы, легко растворимые в воде. Хранить иодистый калий следует в склянках из желтого стекла во избежание разложения от действия света. Растворы иодистого калия обладают свойством растворить свободный иод, чем пользуются в фотографической практике. Характерной реакцией является действие азотнокислого серебра на раствор иодистого калия — выделяется иодистое серебро. При действии судемы выпадает двуиодистая ртуть в виде кирпично-красного осадка, растворяющегося в избытке иодистого калия вследствие образования растворимой двойной соли.

Желатина

Желатина принадлежит к особому классу органических веществ, так называемых белковых веществ или протеинов. Эти вещества входят в состав животных и растительных организмов и вместе с углеводами и жирами являются основной массой живой природы.

Желатина по своему строению представляет чрезвычайно сложное соединение. Определенной химической формулы желатина не имеет вследствие того, что она является смесью ряда веществ. Желатина состоит из нескольких элементов, процентное содержание которых в различных сортах ее колеблется незначительно. Средним составом можно считать следующий:

Углерода	49,38	%
Водорода	6,80	"
Азота	17,97	"
Серь	0,70	"
Кислорода	25,13	"

Желатина представляет собой бесцветное прозрачное эластичное (в сухом состоянии) вещество. Она нерастворима в большинстве органических растворителей. Желатина, помещенная в чистую холодную воду или раствор какой-либо соли, набухает в ней, впитывая 5—15-кратное количество воды. В результате образуется мягкий упругий студень, который переходит в раствор при нагревании. Способность поглощать то или иное количество воды при набухании колеблется в зависимости от сорта желатины и температуры.

Набухание желатины не является механическим явлением (например подобно впитыванию воды материей, бумагой и т. д.), так как при набухании происходит сжатие объема: объем набухшей желатины всегда меньше суммы объемов сухой желатины и воды. Процесс набухания вначале идет очень быстро, затем по мере впитывания воды постепенно замедляется. В присутствии кислоты желатина набухает сильнее. Под действием формальдегида, танина, галловой кислоты, хромовых и алюминиево-калийных квасцов желатина становится нерастворимой в воде вследствие задубливания.

Желатина получается при вываривании в особых аппаратах телячьих костей, богатых хрящами, и соединительной ткани животных. Для получения фотографической желатины (эмульсионной желатины) требуются абсолютно свежие и чистые продукты, иначе фотографические качества желатины сильно снижаются.

Желатина, являясь органическим соединением, легко поддается разложению, особенно в состоянии студия; в сухом виде она значительно устойчивее. Прибавление к ней дубящих веществ отчасти предохраняет ее от микробов.

В продажу желатина поступает в виде тонких, почти прозрачных листов или же в виде порошка. Хорошие сорта желатины должны быть без вкуса и запаха и растворяться в горячей воде, не оставляя хлопьев.

Желатина, предназначенная для приготовления эмульсии, должна удовлетворять ряду требований, а именно:

- 1) быть хорошо растворимой и прозрачной,
- 2) не содержать жира,

- 3) обладать определенной твердостью,
 - 4) при набухании поглощать от 5 до 8 частей по весу воды,
 - 5) обладать высокой точкой плавления,
 - 6) иметь нейтральную или кислую реакцию (в зависимости от способа приготовления),
 - 7) не содержать веществ, восстанавливающих галогидное серебро.
- Определение пригодности желатины производится путем ряда испытаний, которые мы кратко и опишем.

1. Испытание на растворимость и прозрачность. Сухую желатину нарезают на мелкие кусочки и кладут в воду для набухания на $\frac{1}{2}$ —1 час. Затем набухшую желатину кладут в водяную баню и нагреванием расплавляют. Желатина, предназначенная для приготовления эмульсии, не должна иметь никаких нерастворимых частиц.

Что касается прозрачности, то слабая однородная муть еще не указывает на непригодность желатины, но лучше все же, если раствор будет иметь максимальную прозрачность. Окраска в слабозеленый цвет раствора также допустима.

2. Испытание на содержание жира. Желатина, содержащая жиры, совершенно непригодна для фотографических целей, так как присутствие их служит причиной возникновения на пластинках и бумаге пятен.

Для испытания на эту примесь берут в сосуд 40—50 г желатины, заливают ее 0,5 л воды, расплавляют и ставят, прикрыв стеклом, в теплое место. При наличии жира через сутки он всплывает на поверхность раствора в виде небольших жировых блесков.

3. Испытание на твердость. От твердости желатины зависит то или иное качество студня: твердые сорта желатины быстро дают плотный студень; мягкие сорта обладают противоположными свойствами. Эмульсию для фотографических пластинок и хлоро-бромосеребряных бумаг варят преимущественно из твердых сортов желатины. Твердость определяется сопротивлением на вдавленность и исчисляется в граммах. Испытание на твердость производят следующим образом.

В химический стакан диаметром в 4 см кладут 2,5 г желатины и заливают 47,5 см³ воды. Оставляют набухать желатину в течение 16 мин., а затем расплавляют ее на водяной бане. Расплавленную желатину оставляют застывать при 15° С. Затем через сутки приступают к испытанию, которое заключается в том, что на поверхность застывшей желатины действуют подвижным поршнем, основание которого имеет сферическую поверхность. На основание поршня кладут грузики до момента, когда поршень прорвет желатину и погрузится в нее. Затем вычисляют вес груза, прибавляют к нему вес поршня и этим получают данные о твердости желатины.

В среднем считается, что мягкие сорта желатины разрываются при нагрузке в 200 г, средней твердости—300—400 г и очень твердые при 600—700 г.

4. Испытание на набухаемость. Отвешивают точно 100 г желатины, нарезают на мелкие куски и кладут в 2-литровый сосуд с водой температурой 15—16° С. Через сутки вода с желатины сливается, и образовавшийся студень взвешивается. Он должен содержать воды от 3 до 7 раз больше веса сухой желатины. Желатина,

которая при набухании распадается, т. е. не дает цельного студня для варки эмульсии непригодна.

5. Определение точки плавления. При изготовлении светочувствительной эмульсии имеет большое значение температура, при которой студень переходит в жидкое состояние; эта температура не является определенной—она зависит от концентрации раствора желатины и метода определения этого перехода.

Для определения этой температуры 4 г желатины заливают 96 г воды, расплавляют и дают загустеть в студень. После этого стакан со студнем помешают в водяную баню и очень медленно нагревают. Как только замечают, что желатина начинает плавиться у стенок стакана, горелку убирают из-под бани и продолжают наблюдать за разжижением студня. В момент полного разжижения опускают в расплавленную желатину термометр и производят отсчет температуры. В случае хороших сортов желатины 4-процентный раствор ее плавится не ниже $28-30^{\circ}\text{C}$ и образование студня при охлаждении начинается с $22-25^{\circ}\text{C}$. Плохая желатина часто застывает только при $17-18^{\circ}\text{C}$.

6. Определение характера реакции раствора. Определение содержания в желатине кислот и щелочи производится при помощи погружения лакмусовой бумажки в ее раствор.

Реакция желатины имеет большое влияние на качество эмульсии; так нейтральная реакция всегда дает более или менее удовлетворительные эмульсии. Кислая реакция желатины особого вреда эмульсии не приносит, даже наоборот, при приготовлении эмульсии по способу кипячения кислая реакция желатины необходима. Щелочная реакция считается вредной для эмульсии. Только для приготовления эмульсии по аммиачному способу допускается слабая щелочность желатины.

Испытание на содержание веществ, восстанавливающих галогидное серебро. Некоторые сорта желатины содержат восстанавливающие серебро вещества, которые могут вызвать появление вуали на пластинке и светочувствительной бумаге. На присутствие этих веществ производится следующее испытание: растворяют 1 г желатины в 10 см^3 воды и полученный раствор нагревают в течение получаса с небольшим количеством 10-процентного аммиачно-серебряного раствора. Если желатина окрасится (от желтого до бурого цвета), то она непригодна для изготовления эмульсии.

Испытание на зольность, содержание воды и загнивание нами даваться не будет. Заметим только, что хорошие сорта желатины должны иметь зольность не больше 1—3%, а содержание воды—16—19%. В отношении загнивания хорошие сорта не должны выделять аммиака при стоянии в теплом месте ($30-40^{\circ}\text{C}$) в течение 5—6 дней.

Указанные испытания являются все же недостаточными. Для окончательного определения пригодности желатины из нее изготавливают в небольшом количестве светочувствительную эмульсию; ею поливают пластинки и определяют их качество.

§ 5 ПРИГОТОВЛЕНИЕ СВ ТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПЛАСТИНОК

Приготовление фотографических пластинок складывается из следующих операций:

1) подготовка стекла, заключающаяся в мойке и подслолке;

- 2) варка эмульсии;
- 3) поливка эмульсией пластинки,
- 4) сушка пластинок и
- 5) резка, сортировок, контроль и упаковка.

Для фотографических пластинок идет специальное стекло; оно должно быть совершенно чистым, без пузырей, царапин и т. д.

Поверхность его должна представлять ровную плоскость и быть хорошо отшлифованной. Стекло идет в производство большими кистами. Толщина стекла должна колебаться от 1,2 до 1,5 мм для негативных пластинок и 0,8—1 мм для диапозитивных.

Стекло после сортировки поступает в мойку. Мойка производится в специальных моечных машинах, в которых стекло проходит через систему вращающихся щетинных валов. Подача стекла к щеткам производится при помощи резиновых вращающихся валиков.

Для лучшей очистки стекло перед мойкой выдерживается в слабо наведенном растворе соды, соляной или серной кислоты.

Чтобы эмульсия лучше и прочнее ложилась на стекло, на него перед поливом наносится подслоя из хромированной желатины.

Обычно подслоя наносится на комбинированной моечно-подливной машине. После промывки стекло подводится валиками под приспособление для подлива, а далее поступает в сушилку с бесконечным полотном. В сушилке производится сушка теплым воздухом. Скорость движения бесконечного полотна рассчитана так, что пока стекло пройдет всю сушилку,—подслоя высыхает. Моечно-подливная машина показана на рис. 135.

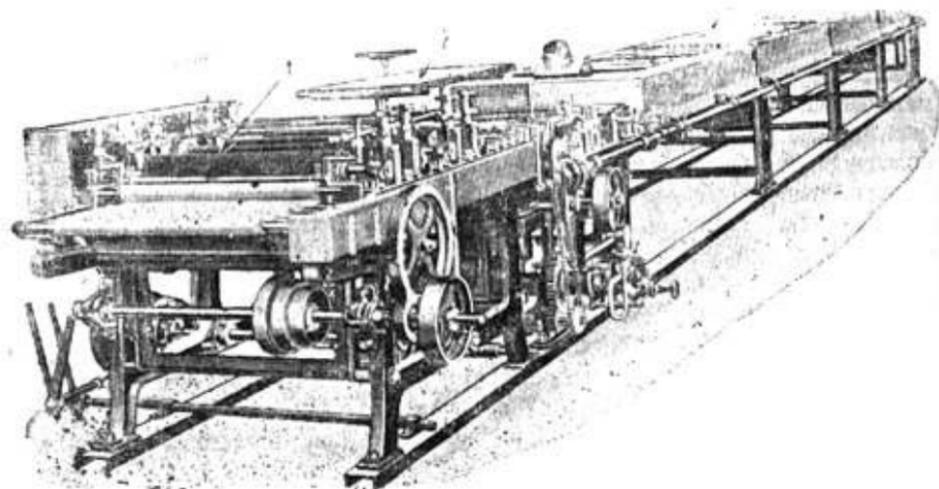
Параллельно с подготовкой стекла, после соответствующих испытаний вещества с целью определения их чистоты, приступают к приготовлению эмульсии, которое начинается с размачивания проточной водой нужной порции желатины в специальном сосуде. После того как желатина разбухнет в достаточной степени, в сосуд приливают соответствующее количество раствора в дистиллированной воде бромистого и иодистого калия (вместо бромистого калия часто берут бромистый аммоний). После этой операции сосуд переносится в помещение, освещаемое уже только крадным светом. Здесь сосуд помещается в так называемую водяную баню. Последняя представляет собой подогреваемый бак с водой, в который вставлен второй бак, так чтобы между стенками их был слой воды. Очевидно, если водяная баня открытая, то температура ее не может быть выше 100° С, т. е. температуры кипения воды. Кроме того при пользовании этими банями устраняется возможность подгорания расплавляемого вещества и легко поддерживается требуемая температура.

Когда желатина в достаточной степени расплавится, то для равномерного распределения растворившегося бромистого и иодистого калия ее тщательно перемешивают. Затем в желатиновый раствор бромистого и иодистого калия приливают раствор азотнокислого серебра. Это самый ответственный момент приготовления светочувствительной эмульсии. Здесь играет роль не только температура, при которой вливается азотнокислое серебро, но также скорость вливания и способы размешивания желатины для равномерного распределения по всей толщине ее бромистого и иодистого серебра.

Из предыдущего читатель видел, что от взаимодействия бромистого калия и азотнокислого серебра в водных растворах быстро выпадает

хлопьевидный осадок бромистого серебра. В данном случае в растворе имеется еще и желатина, которая вследствие вязкости не позволяет отдельным молекулам бромистого серебра соединиться в крупные хлопья. Желатина как бы «защищает» их от осаждения, и бромистое серебро остается более или менее равномерно распределенным во всей массе желатины.

Образовавшееся бромистое серебро находится в желатине в чрезвычайно мелкоиздробленном состоянии, так называемом коллоидальном состоянии. В таком состоянии бромистое серебро образует фотографическую эмульсию. Полученная эмульсия имеет очень малую светочувствительность. Для увеличения ее эмульсия должна быть в течение некоторого времени подвергнута нагреванию. Этот процесс называется созреванием эмульсии. Во время его мельчайшие зерна бромистого серебра, соединяясь между собой, образуют крупные зерна (коллоидальный раствор переходит в грубую суспензию), причем



135. Моечно подливная машина: 1—шетка для мойки стекла, 2 столы для сосуда и с подслоем и 3—сушильная часть.

одновременно с укреплением зерен увеличивается и их чувствительность.

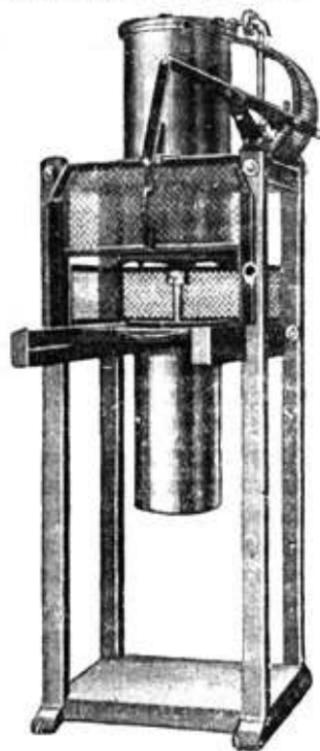
Созревание производится на водяной бане, в среднем 1—2 часа при температуре 35—50° С.

Размеры созревших зерен, в зависимости от состава эмульсии колеблются в довольно широких пределах, начиная от десятых долей микрона до 10 μ (микрон, или μ , = 0,001 мм).

Дальнейшее увеличение размера зерен настолько увеличит их вес, что они начнут преодолевать вязкость желатины и осядут частично на дно сосуда. Разумеется это нежелательно, так как верхние слои желатины будут очень бедны бромистым серебром, а нижние будут иметь его в чрезмерном количестве. Кроме того такая перезревшая эмульсия склонна давать сильно вуалирующие пластинки. Время созревания и температура, при которой оно протекает, а также способы, которыми оно проводится, играют большую роль в выработке качества эмульсии.

По истечении времени созревания эмульсия разливается в плоские фарфоровые чашки и охлаждается, смотря по способу приготовления, быстро или медленно, на льду или в охлаждающих камерах.

Совершенно застуденшую эмульсию измельчают на мелкие кусочки от руки или механически, пропуская ее через вермишельный пресс (рис. 136). Чтобы предохранить от слипания образующуюся желатиновую «вермишель», ее продавливают в холодную воду (6—8 С°); затем она тщательно промывается максимум 5 часов проточной водой в особых промывных баках (рис. 137).



136. Гидравлический пресс для измельчения эмульсии.

ния идет значительно медленнее, чем процесс созревания.

Период созревания эмульсии является очень важным, и этот процесс все время контролируется пробными поливами пластинок, которые немедленно испытываются на их фотографические свойства.

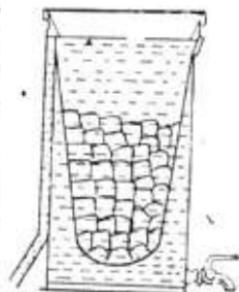
По окончании дозревания эмульсия разливается в горшки, емкостью до 10 л. и ставится на хранение в ледник.

Затем эмульсия поступает в фильтровальное отделение, в котором вновь плавится в водяных банях и фильтруется через замшу или фланель. Фильтрация необходимо потому, что во время созревания и дозревания эмульсии некоторая часть бромистого серебра соединяется в слишком крупные зерна, могущие явиться причиной образования вуали на пластинках; кроме того в процессе приготовления могут попасть в нее, несмотря на принимаемые предосторожности, пыль, соринки и т. д.

Этим достигается полное удаление получившихся во время образования эмульсии нитратов и избытков бромистых и хлористых солей, которые при оставлении их в эмульсии быстро портят ее качество и приводят к разложению.

Когда испытания покажут, что желатина свободна от присутствия побочных продуктов, берут для пробы некоторое ее количество, расплавляют и поливают ею одну пластинку, которую немедленно испытывают на вуаль и светочувствительность.

При благоприятных результатах промывную эмульсионную вермишель помещают в глиняные горшки, объемом до 60 л. и подвергают при температуре 35—40° С вторичному созреванию. В зависимости от способа приготовления в эмульсию добавляется аммиак или алкоголь. Продолжительность вторичного выдерживания колеблется от часа до нескольких дней. За этот промежуток времени эмульсия дозревает, причем процесс дозревания идет значительно медленнее, чем процесс



137. Бак для промывки эмульсии.

В расплавленную эмульсию перед фильтрованием добавляют в зависимости от рецепта соды или бромистого калия, а затем для увеличения вязкости желатины и повышения точки плавления ее дубят раствором хромовокалиевых квасцов.



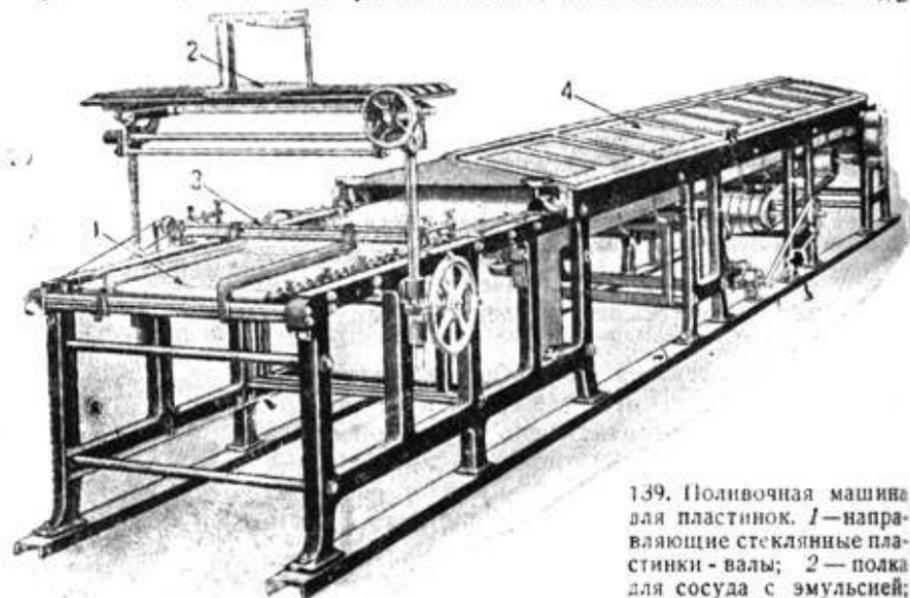
138. Фильтр-пресс для фильтрования фотографической эмульсии.

Фильтрование эмульсии производится в специальных фильтр-прессах, представляющих собой герметически закрытый колокол. Фильтрование производится под давлением, для чего при фильтр-прессе имеется всегда воздушный насос (рис. 138).

После фильтрации эмульсия считается подготовленной к поливу, который производится на специальных машинах (рис. 139). Поливочная машина состоит из двух главных частей:

- а) стола для поливки пластинок и
- б) стола для охлаждения нанесенной эмульсии.

Стол для поливки представляет собой довольно сложную конструкцию, состоящую из валиков для подачи пластинок, столика для сосуда с эмульсией и обливочного приспособления, так называемого каскада



139. Поливочная машина для пластинок. 1—направляющие стеклянные пластинки-валы; 2—полка для сосуда с эмульсией; 3—место для каскада и

4—бесконечное полотно для охлаждения политой эмульсии.

(рис. 140). Кроме того эта часть машины имеет для очистки от эмульсии задней стороны пластинок ряд валиков, смачиваемых водой.

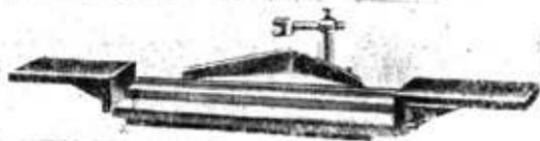
Стол для охлаждения нанесенной эмульсии представляет собой два бесконечных полотна: первое служит для охлаждения эмульсии, вто-

рое, войлочное, предназначается для впитывания с задней стороны пластинки капелек воды, оставшейся после очистки ее от эмульсии.

Полив производится следующим образом. Подслойное стекло кладется на вращающиеся валики, которые подводят его под поливочное приспособление—каскад. В последний эмульсия поступает по резиновой трубке из сосуда, расположенного на полке поливочной машины. Пластика, проходя под каскадом, поливается эмульсией и поступает на мокрые валики, которые смывают эмульсию, попавшую на заднюю сторону стекла.

Затем пластинка переходит на полотно охлаждающего стола, где эмульсия застывает. И наконец на войлочном полотне удаляются приставшие к стеклу капельки воды. После этого политые пластинки снимаются с машины, устанавливаются на деревянные станки и отправляются в сушилку.

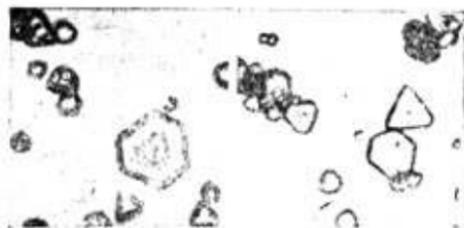
Сушка светочувствительных материалов является одним из самых ответственных моментов из всего эмульсионного процесса. Неправильное или продолжительное проведение сушки может повести к образованию общей или краевой вуали, точек на эмульсии и т. д. Поэтому на режим поступающего в сушилку воздуха обращается большое внимание. Он для обеспыливания предварительно проходит через матерчатый или масляный



140. Каскад.



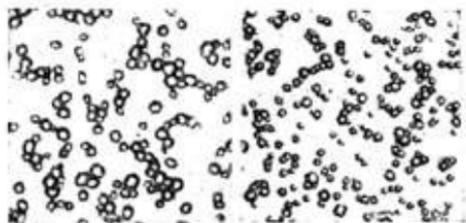
141. Кристаллы, имеющие более или менее одинаковые размеры.



142. Кристаллы в виде табличек.



143. Кристаллы в виде игл.



144. Эмульсия, зерна которой не имеют ясно выраженного кристаллического строения.

фильтр, а затем подогревается до 30—35°С. Сушка продолжается 6—8 часов в зимнее время и 10—12—в летнее. Увеличение продолжительности сушки летом объясняется большей влажностью воздуха летом, чем зимой.

По конструкции сушилки разделяются на:

- 1) сушилки шкафной системы,
- 2) канальной системы и
- 3) этажерочной системы.

Все системы имеют проточно-вытяжную вентиляцию и по принципу действия ничем не отличаются друг от друга. Шкафная система состоит из ряда шкафов с полками, на которые ставятся станки с пластинками. Канальная система представляет собой длинные узкие коридоры, в которые вводятся вагонетки с пластинками. И наконец этажерочная система представляет собой вращающиеся вокруг оси этажерки.

Со стороны производственной, каждая из этих систем обладает рядом преимуществ, о которых мы здесь не будем говорить. Читатель, интересующийся данным вопросом, отсылается к соответствующей литературе (см. конец части).

Высушенные пластинки поступают на резку, которая производится вручную или на специальных станках. Разрезанные на форматы пластинки просматриваются для определения дефектов полива пере красным фонарем на просвет и на отраженный свет и после сортировки складываются слоем к слою по 6 штук, заворачиваются в парафинированную бумагу, затем две полдюжины складываются вместе и заворачиваются в черную неактивную бумагу и наконец помещаются в коробку.

§ 6. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЭМУЛЬСИИ

В этом параграфе мы углубим наши сведения о влиянии отдельных компонентов на светочувствительные свойства фотографических эмульсий.

В общем на чувствительность эмульсии влияют следующие факторы:

- 1) соотношение между количеством желатины и галоидного серебра;
- 2) соотношение между количеством KBr или NH_4Br и азотно-кислым серебром;
- 3) способы введения раствора серебра при эмульсификации;
- 4) температура, при которой производится приготовление эмульсии;
- 5) продолжительность созревания и температура, при которой производится созревание;
- 6) процентное соотношение между бромистым и иодистым серебром и
- 7) кислотность эмульсии при созревании.

Увеличение количества желатины, вводимой в раствор при изготовлении эмульсии, ведет к получению более мелкозернистых эмульсий. Поэтому для придания диапозитивным эмульсиям наибольшей мелкозернистости на 1 часть галоидного серебра берется 7—10 частей желатины. Для получения малочувствительных негативных эмульсий

также рекомендуется брать значительно больше желатини. Как правило эмульсии средней чувствительности имеют на 1 часть галоидного серебра 2—3 части желатини. При изготовлении высокочувствительных эмульсий чем меньше брать желатини, тем лучше получатся результаты, но разумеется в известных пределах.

Затем, в зависимости от способа изготовления, желатина вводится в раствор различными порциями и в различных соотношениях, о чем всегда имеются указания в рецептуре. На практике невозможно провести химическую реакцию так, чтобы все исходные продукты соединились нацело, поэтому во время эмульсификации бромистые соли берутся в некотором избытке по отношению к азотнокислому серебру. Избыток бромистых солей берется потому, что избыток азотнокислого серебра в эмульсии ведет к образованию вуали. Непрореагировавшие бромистые соли затем вымываются из эмульсии при последующей обработке.

Процентное содержание бромистых солей по отношению к азотнокислому серебру бывает, как показывает нижеприводимая таблица, весьма различно:

По данным	Азотнокислое серебро	Бромистый аммоний	Избыток (в %)
Нуртона	100	59,5	1,9
Бучета	100	63,6	6,03
Абнея	100	73,0	15,4
Эдера	100	150,0	92,4

Кроме того при различных способах приготовления эмульсии избыток бромистых солей в свою очередь в значительной степени изменяется; так при аммиачном способе берется относительно меньший избыток соли, чем при аммиачно-кислом и кислом.

Относительная величина содержания иодистого серебра в эмульсии в значительной степени влияет на ее чувствительность. Обычно процентное содержание иодистого серебра колеблется от 1 до 5%. Более значительное количество AgI ведет уже к ухудшению качества эмульсии.

Способ образования иодистого серебра—раздельно с $AgBr$ или совместно с последним—мало сказывается на светочувствительности эмульсии.

Большая светочувствительность эмульсий, содержащих иодистое серебро, объясняется тем, что иодистое серебро дает с бромистым серебром смешанные кристаллы, вследствие чего в их пространственной решетке возникают напряжения, способствующие более легкому разложению.

Замечательно, что зерна различного размера имеют не одинаковое количество иодистого серебра, а именно: большие зерна содержат большее количество AgI , чем маленькие зерна.

Способы смешивания эмульсий весьма различны. Так одни способы требуют, чтобы азотнокислое серебро приливалось к раствору, уже содержащему галоидные соли, при других, наоборот, необходимо прибавлять исходные вещества одновременно небольшими порциями.

Первый способ ведет к образованию очень мелкозернистого галоидного серебра и требует более продолжительного созревания

эмульсии. Второй способ более пригоден для получения высококачественных эмульсий.

При введении азотнокислого серебра по любому способу необходимо раствор все время равномерно помешивать.

Кислотность (концентрация водородных ионов, Рн) эмульсии в период созревания весьма значительно сказывается на ее чувствительности.

Нижеследующая таблица показывает изменение чувствительности эмульсий в зависимости от концентрации водородных ионов. Способ приготовления всех эмульсий был одинаков.

Эмульсия	Концентрация водородных ионов (Рн)	Чувствительность эмульсий по Хи Д
I	4,8	15
II	5,1	20
III	5,5	35
IV	5,75	50
V	6,5	80
VI	7,0	100
VII	8,8	135
VIII	9,3	150

При постоянной концентрации водородных ионов чувствительность эмульсии мало изменяется от способа ее приготовления, но в значительной степени зависит от сорта применяемой желатины.

Продолжительность созревания зависит от температуры: чем она выше, тем короче период созревания. Очень благоприятное влияние на чувствительность эмульсии оказывает второе созревание, особенно, если оно производится после того, как эмульсия промыта.

Вторичное созревание имеет продолжительность от 2 часов до нескольких дней. Если созревание производить при высокой температуре, то оно происходит в течение длительного промежутка времени. Наиболее благоприятной температурой считается 35° С. Некоторые эмульсионеры практикуют во время вторичного созревания многократное разогревание и застудивание эмульсии.

Способ застудивания также оказывает значительное влияние на чувствительность эмульсии. Так при охлаждении значительных количеств эмульсии в глубоком сосуде протекает значительное время, пока эмульсия не застуденеет, причем все это время эмульсия будет созревать.

Если же охлаждение вести в плоских сосудах, то застудивание протекает во много раз быстрее. Особенно сильно сказывается способ застудивания при изготовлении эмульсии по аммиачному методу, при котором последний способ наиболее рационален.

§ 7. СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИИ

Все существующие способы приготовления эмульсии можно разделить на три основные группы:

- 1) аммиачный способ,
- 2) способ кипячения или кислый, и
- 3) холодный способ.

Приготовленные этими способами эмульсии должны обладать следующими основными качествами:

- 1) иметь достаточное количество галоидного серебра;
- 2) давать негативы с гармоничными переходами от света к тени с возможно полной проработкой деталей;
- 3) не морщиться на стекле и не сползать с него;
- 4) быть свободной от вуали и не восстанавливаться проявителем без предварительного освещения и
- 5) равномерно и постепенно проявляться и быстро фиксироваться.

I. Аммиачный способ заключается в том, что вместо азотнокислого серебра на галоидные соли действуют аммиачной окисью серебра. Этот способ позволяет получать эмульсии как высокой, так и низкой чувствительности.

Нижеприводимый рецепт дает высокочувствительные эмульсии (Plener, Handbuch 3,367). Характерной особенностью приводимого рецепта является невысокая температура, при которой происходит получение эмульсии.

I. Азотнокислого серебра	500 г
Воды	2 500 см ³
Аммиака (25-процентного)	Сколько потребуется

Температура раствора 20° С. Аммиака к раствору азотнокислого серебра прибавляют столько, чтобы выпавший осадок окиси серебра вновь растворился. При этом получается аммиачная окись серебра.

II. Бромистого аммония	400 г
Иодистого кали	12 г
Воды	2 500 см ³

Температура раствора 20° С.

III. Твердой желатины	400 г
---------------------------------	-------

Желатина размачивается в воде 1—2 часа и после удаления излишка воды плавится при температуре от 35 до 45° С.

IV Твердой желатины	250 г
-------------------------------	-------

Желатину кладут в воду для набухания. Затем сливают излишек воды, плавят и непосредственно перед смешиванием с другими растворами добавляют 2 см³ аммиака.

Смешивание растворов для удобства взбалтывания необходимо производить в высоком сосуде. Смешивание производится по следующей схеме:

1. К раствору II добавляют 0,1 часть раствора III и взбалтывают до тех пор, пока сосуд не наполнится пеной.

2. Затем приливается при непрерывном помешивании тонкой струей раствор I.

3. После добавления раствора I сосуд погружается на несколько минут в нагретую до 35° С воду и затем немедленно прибавляется к раствору остаток раствора III, предварительно нагретый до температуры 35—45° С. При добавлении необходимо производить непрерывное помешивание.

4. Далее в течение 30 минут эмульсия подвергается согреванию при температуре в 35—45° С.

5. Добавляется раствор IV и вновь эмульсия подвергается созреванию в течение 15 мин. при 35—45° С.

6. После этого эмульсия выливается в плоский сосуд слоем в 2—3 см. Сосуд покрывают картоном и ставят в прохладное место (10—15° С) с постоянной температурой для дозревания, которое может продолжаться до шести дней.

7. После этого эмульсия измельчается, промывается в течение нескольких часов, расплавляется—и эмульсия готова к поливу.

II. **Способ кипячения, или кислый**, заключается в том, что обычным способом полученную эмульсию настаивают при температуре кипения. Абнеем был предложен следующий рецепт.

Раствор I

Бромистого аммония	7 г
Воды	50 см ³
Желатины твердой	1 г

Сначала растворяется в воде бромистый аммоний, затем в раствор вводится набухшая в воде желатина, которая плавится при температуре до 40°С.

Раствор II

Азотнокислого серебра	10 г
Воды	60 см ³

1. Раствор II вводится в I по каплям при помешивании или взбалтывании.

2. Полученная эмульсия настаивается от 15 до 30 мин. при кипячении в закрытом от света сосуде. Продолжительность кипячения влияет на чувствительность эмульсии.

3. Затем эмульсия остуживается до 40° С и к ней прибавляется еще 20 г желатины (предварительно расплавленной) и хорошо перемешивается.

4. Потом наливается для застуденения в плоские фарфоровые чашки.

5. Измельчивается и промывается в течение нескольких часов. Затем плавится и поливается на пластинки.

III. **Холодный способ** заключается в том, что процесс созревания эмульсии протекает при низкой температуре и длится продолжительное время. Вышеизложенный рецепт аммиачной эмульсии, можно отнести и к холодному способу приготовления эмульсии, почему специального рецепта нами и не будет дано.

В заключении данного параграфа приведем рецепт высокочувствительной ортохроматической эмульсии.

Ортохроматическая эмульсия готовится путем добавления к эмульсии различных красителей (об их приготовлении будет сказано выше). Преимущественно употребляется эритрозин. При очувствлении эмульсии эритрозином необходимо варить эмульсию по аммиачному способу, так как он осаждается кислотами.

Рецепт.

Бромистого калия	414 г
Иодистого калия	12 "
Желатины	70 "
Соляной кислоты 1:3	10 см ³
Воды	3 250

Температура раствора должна быть равной 60° С.

1. Непосредственно перед прибавлением раствора азотнокислого серебра прибавить 53 см³ однопроцентного раствора эритрозина.

2. Влить небольшой струей при непрерывном помешивании:

Азотнокислого серебра	500 г
Воды	3 250 см ³

3. Эмульсию выстаивают при 60° С от 40 до 60 мин., затем прибавляют 650 г твердой желатины.

4. Эмульсия застуденяется, измельчивается и старательно промывается.

5. После чего плавится и к ней добавляют:

Хромовых квасцов	5 г
Годы	250 см ³
Фенола	5 г
Спирта винного	250 см ³

и производят полив.

Примечание. Небольшое количество кислоты разлагает эритрозин в незначительной степени.

§ 8. СТРУКТУРА СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО СЛОЯ И ПРИРОДА СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Микроскопическое исследование эмульсионных зерен показало, что они большей частью имеют кристаллическое строение. Вследствие воздействия различных условий во время созревания зерна получают различной кристаллической формы. В общем все разнообразные формы можно свести к трем основным типам:

1) кристаллы, имеющие более или менее одинаковые размеры в длину, ширину и толщину (рис. 141);

2) кристаллы в виде табличек с незначительной по отношению к диаметру толщиной (рис. 142);

3) кристаллы в виде игл (рис. 143).

В фотографических эмульсиях наиболее распространены кристаллы второго типа.

Помимо той или иной формы кристаллы имеют еще различную величину, причем в одном сорте эмульсии встречаются различные по величине зерна, но обычно зерна некоторого размера попадают в данной эмульсии чаще, чем остальные.

Некоторые же эмульсии состоят из зерен, кристаллическое строение которых не вполне ясно выражено, но в таких эмульсиях зерна бывают более или менее одинакового размера.

Величина зерен в различных сортах эмульсии колеблется от долей микрона (μ) до 3—4 μ . Общее же количество зерен на кв. сантиметр поверхности эмульсионного слоя колеблется (в зависимости от средней величины зерен) от 50 до 500 миллионов.

Внутреннее строение кристаллов, т. е. взаимное расположение атомов серебра и галогенов было раскрыто при помощи рентгеноспектроскопических исследований. При этом было найдено, что кристаллы бромистого и хлористого серебра имеют структуру куба. На рисунке 145 дана схема строения кристалла бромистого серебра: черные кружочки обозначают ионы серебра, белые — брома.

Кристаллы иодистого серебра имеют более сложную структуру (рис. 146) они кристаллизуются в так называемой гексагональной системе.

Ввиду того, что в процессе приготовления эмульсии обыкновенно образуется бромистое и иодистое серебро, во время созревания имеет место образование смешанных кристаллов, состоящих из $AgBr$ и AgI . Эта особенность образования кристаллов играет чрезвычайно большую роль в качестве фактора, повышающего светочувствительность эмульсии.

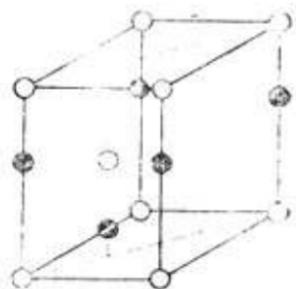
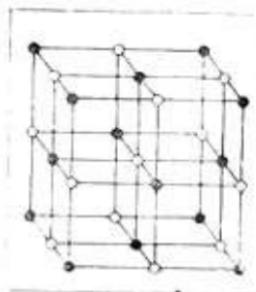
Повышение чувствительности объясняется тем, что в смешанных кристаллах происходят внутренние натяжения, нарушающие крепость связи между ионами, что и позволяет свету легче производить разложение галоидного серебра.

Высказанное предположение вполне подтверждается опытом. Если освещать сильным источником света зерна-кристаллы галоидного серебра, то разложение их под действием света начнется не по всей поверхности, а только в некоторых точках.

С увеличением продолжительности освещения разложению подвергается все более значительная часть зерна-кристалла, пока наконец зерно не восстановится все. Под микроскопом эти явления наблюдаются очень легко.

На рисунке 147, изображающем в 2000-кратном увеличении одни и те же кристаллы при различных экспозициях, указанный эффект вполне ясен.

145. Схема строения кристалла бромистого серебра: черные кружочки—ионы серебра; белые—брома.



146. Схема строения иодистого серебра; черные кружочки—ионы серебра; белые—брома.

Таким образом зерна-кристаллы в целом не светочувствительны,—носителями значительной светочувствительности являются лишь некоторые точки зерна, которые являются местами наиболее уязвимыми светом.

Исследования процесса проявления под микроскопом также показали, что каждое зерно-кристалл галоидного серебра ведет себя как самостоятельная единица, т. е. зерна проявляются независимо друг от друга.

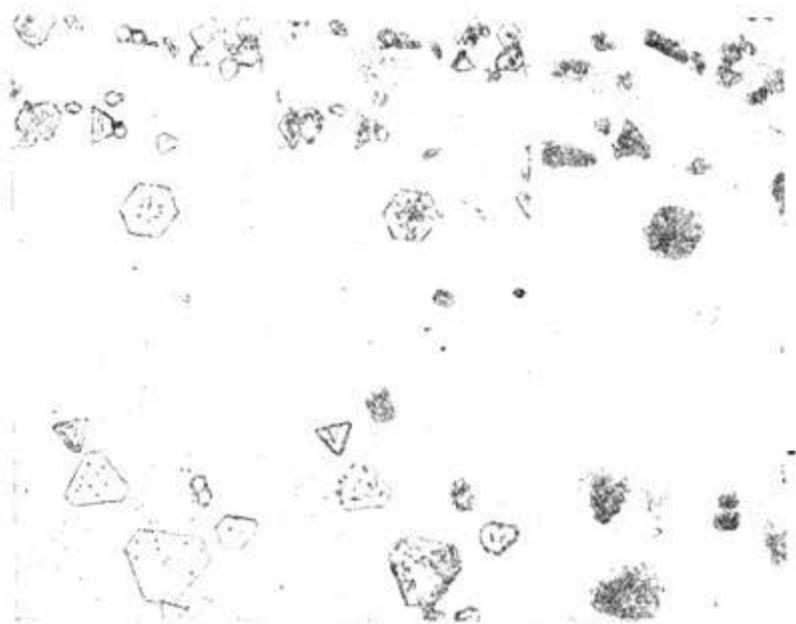
Причина этого явления безусловно лежит в свойствах желатинны как защитного коллоида. Кроме того установлено, что зерно-кристалл получает способность к полному проявлению только после действия некоторого, вполне определенного количества света. Меньшее же количество света не делает зерно-кристалл проявляемым. Таким образом имеется предел в экспозиции, выше которого зерно проявляется, ниже—не проявляется.

Количество света, вызывающее восстановление зерна в проявителе, характеризует чувствительность зерна.

Дальнейшие исследования ряда ученых показали, что помимо иодистого серебра в кристаллах бромистого серебра имеются включения и

ничтожных количествах и других соединений. Данные точки были названы «зародышевыми образованиями», так как около них сосредоточивается действие света. Зародышевые образования образуются в процессе созревания эмульсии, включаясь в состав зерен-кристаллов во время их роста. В пользу этого предположения говорит то, что чувствительность эмульсии сильно понижается после обработки ее окислителями (например раствором хромовой кислоты). Понижение чувствительности вызывается разрушением окислителями зародышевых образований.

Люппо-Крамер и Ренвик считают, что зародышевые образования состоят из металлического серебра в очень раздробленном состоянии. Серебро образуется при восстановлении ничтожной части бромистого



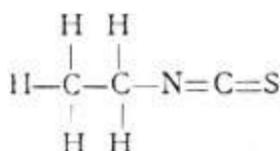
147. Непосредственное почернение под действием света (без проявления) бромистого серебра при возрастающей экспозиции. Увеличение — 2000.

серебра в процессе созревания эмульсии. Клерк же полагает, что зародышевые образования представляют собой окись серебра или гидрат окиси серебра.

Шеппард на основе своих исследований выдвинул теорию о сернистой природе зародышевых образований.

Давно было замечено, что не каждый сорт желатины позволяет получить высокочувствительную эмульсию. Причину отличия пришлось искать в химическом составе различных сортов желатины. Это предположение подтверждалось еще тем фактом, что из желатины, дававшей высокочувствительную эмульсию, так называемой «активной желатины», можно было приготовить экстракт, который, будучи добавлен к неактивной желатине, делал ее активной. Но определение состава примесей осложнялось тем, что они находились в столь не-

значительных количествах, что обнаружить их обыкновенным химическим анализом было невозможно. Данная примесь была названа «желатиной X». В последние годы научно-исследовательским институтом фирмы «Кодак» был поставлен ряд систематических исследований, имевших целью выделить это таинственное вещество. После многочисленных работ было выяснено, что «желатина X» представляет собой аллилгорчичное масло, встречающееся в семенах многих масличных растений—бобах, горчице и др. Химический состав аллилгорчичного масла C_2H_5NCS . Структурная формула его:



Это вещество составляет всего лишь от 1:300 000 до 1:1 000 000 доли желатины по весу. По мнению Шеппарда, аллилгорчичное масло реагирует с аммиаком, вводящимся при изготовлении эмульсий, давая так называемую аллилтиомочевину. Последняя, реагируя с кристаллами бромистого серебра, дает на их поверхности мельчайшие крупинки сернистого серебра Ag_2S , которые и входят в состав зародышевых образований.

Тоем в последние годы выдвинута вновь теория образования зародышей из металлического серебра, находящегося в мелкоизмельченном состоянии. Той только объединил свою теорию с работами Шеппарда. Он считает, что зародышевые зерна в основном состоят из сернистого серебра, но на границе соприкосновения его с бромистым серебром имеются включения очень малых количеств металлического серебра, которое образуется путем восстановления бромистого серебра в процессе созревания эмульсии.

Начало процесса проявления объясняется Тоем тем, что сернистое и металлическое серебро как вещества, заряженные разноименным электричеством, образуют электролитическую пару. Возникают электрические токи между металлическим серебром, являющимся катодом, и сернистым серебром—анодом, электролитически разлагающие бромистое серебро (подробнее этот процесс будет рассмотрен в главе о проявлении).

Из всего ранее изложенного видно, что желатина, помимо своей прямой роли как защитного коллоида, в процессе приготовления эмульсии влияет еще на увеличение и светочувствительности, так как она играет еще роль химического сенсibilизатора. Действие же химических сенсibilизаторов объясняется тем, что они при введении их в фотохимическую реакцию связывают конечные продукты обратной реакции и тем способствуют полному протеканию фотохимической реакции в одном направлении с большой скоростью.

В заключение этого параграфа рассмотрим связь между величиной зерен-кристаллов и их светочувствительностью.

Исследования Шеппарда и Триведди показали, что светочувствительность зерен-кристалла возрастает с увеличением его размера. Произведенные ими многочисленные измерения зерен по микрофотографиям эмульсий различной чувствительности показали, что мало-

чувствительные эмульсии имеют зерна преимущественно равномерной величины, в пределах от 0,2 до 1 μ , а высокочувствительные — разнообразной величины, колеблющиеся от 0,2 до 2,7 μ .

Таким образом высокочувствительные эмульсии в основном являются крупнозернистыми, а малочувствительные — мелкозернистыми.

В последнее время удалось получить высокочувствительную эмульсию, имеющую мелкое зерно. Причины, ведущие к получению мелкозернистых эмульсий высокой чувствительности, в настоящее время еще в точности неизвестны, но по видимому они лежат в изменении механизма адсорбции красителя зерном-кристаллом.

ГЛАВА III

ОРТОХРОМАТИЗМ

§ 9. ЗРИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К СПЕКТРАЛЬНЫМ И ПРИРОДНЫМ ЦВЕТАМ

Читатель уже знает из оптики, что солнечный свет и свет добела раскаленных тел не является по своему составу однородным „белым“ каким мы воспринимаем его нашим зрением. Белый луч разлагается на очень большое число цветов, постепенно переходящих один в другой, давая так называемый спектр.

Весь спектр принято разбивать на три приблизительно равные участка, а именно:

- 1) участок синих лучей, в который входят фиолетовые, синие, голубые и голубовато-зеленые лучи;
- 2) участок желто-зеленых лучей, в который входят зеленые, желто-зеленые и желтые лучи и
- 3) участок красных лучей, в который входят оранжевые и красные лучи.

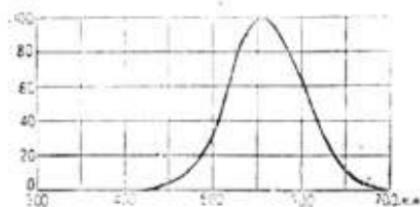
Солнечный свет является лучистой энергией, которая представляет собой электромагнитные волны, подобно радиоволнам, но отличающиеся от последних значительно меньшей длиной волн. Между длиной волны и цветом луча имеется определенная зависимость, а именно: каждому цветному спектральному лучу соответствует вполне определенная длина волны. Длины волн выражаются в миллимикронах ($m\mu$), представляющих собой миллионную часть миллиметра.

Нижеследующая таблица дает соотношение между цветностью луча и длиной волны.

Наименование цвета	Длина волны (в $m\mu$)
Темнокрасный	730—750
Красный	650—730
Оранжевый	580—650
Желтый	540—580
Зеленый	490—540
Голубой	460—490
Синий	425—460
Фиолетовый	350—425

Кроме видимой части спектра, как известно уже читателю, имеются еще невидимые ультрафиолетовая и инфракрасная части спектра. Первая имеет длины волн от 400 $\mu\mu$ и меньше; вторая—от 700 $\mu\mu$ и больше.

Глаз воспринимает различные цветные лучи с той или иной степенью яркости; так из спектральных цветов наиболее ярким нам кажется желтый цвет, а наиболее темным—фиолетовый. По яркости цветов мы называем их светлыми или темными. Довольно трудно сравнивать два различных цвета в отношении их яркости, поэтому прибегают к сравнению цветов с серым цветом, для чего имеются специальные таблички с нанесением на них участками серого цвета различной интенсивности.



148. Кривая оптической яркости.

Результат таких сравнений можно выразить графически в виде кривой, дающей характеристику яркости цветов спектра (рис. 148). Рассматривая эту кривую, легко заметить, что наиболее ярким является желтый цвет, с длиной волны в 580 $\mu\mu$.

Степень яркости восприятия цветов глазом принято называть оптической яркостью. Данным термином мы и будем пользоваться в дальнейшем.

Если яркость белого света взять за 100, то оптическая яркость для трех основных цветов спектра будет:

Белый	100
Красный	38
Зеленый	54
Синий	8

Вы уже знаете, что цвет тел является причиной поглощения телом одних цветных лучей и отражения других. Последние и обуславливают тот или иной цвет тела. В природе не встречаются тела, которые отражали бы лучи исключительно какого-либо одного цвета. Поэтому нельзя встретить и краски, тождественной какому-либо лучу спектра, или, как говорят, чистых спектральных красок. Обычно тела, помимо избирательного поглощения, поглощают, а также и отражают, еще некоторое количество всех лучей в одинаковой пропорции. Иначе говоря, каждая окраска включает в себе в качестве примеси еще черный и белый цвета. Чем меньше в краске этих примесей, тем ярче ее цвет. Чистые спектральные цвета примесей черного и белого цвета не имеют, чем и объясняется их исключительная чистота и яркость, или, как говорят, насыщенность.

В обыденной жизни мы различаем цвета по их чистоте, давая им соответствующие названия, например: «зеленый», «изумрудно-зеленый» или «грязнозеленый» и т. д. Очевидно, что в изумрудной окраске имеется большое количество спектрального зеленого цвета, чем в просто зеленой, вследствие чего он и воспринимается нами более ярко. В грязнозеленой окраске вследствие большего присутствия черного цвета насыщенность крайне низка, почему она кажется нам «грязной».

Таким образом, помимо восприятия красок по их оптической яркости, наш глаз может различать их еще и по степени насыщенности. Эта способность нашего зрения и позволяет нам различать ничтожнейшие оттенки в окраске предметов.

Белые, серые и черные цвета вследствие отсутствия элемента насыщенности воспринимаются нами более короткой шкалой и исключительно по разнице в яркостях между ними и окружающим их фоном.

Фотография запечатлевает предметы в серо-черно-белых тонах. Значит на фотографии предметы, лишённые окраски, могут различаться от окружающего их фона только вследствие разницы в яркости. Такая передача изображения ставит перед фотографической пластинкой задачу передавать оптическую яркость окраски так, как ее воспринимает наш глаз, т. е. желтая или зеленая окраска как кажущаяся нам наиболее светлой должна передаваться на отпечатке более светлым тоном, чем например синяя, которая воспринимается нами более темной.

Если это условие не удовлетворяется, то фотографическое изображение будет давать искаженное представление действительности.

В следующем параграфе посмотрим, насколько удовлетворяет этому требованию светочувствительная фотографическая пластинка.

§ 10. ЦВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГАЛОИДНОГО СЕРЕБРА

Мы уже знаем, что свет химически воздействует на галоидное серебро. Но так как свет не является однородным, то необходимо установить, какие же лучи спектра производят химическое или как говорят фотохимическое воздействие на галоидное серебро. Для этого мы сфотографируем спектр. После проявления на пластинке получится полоска, отдельные участки которой будут иметь различную плотность (прозрачность). В местах, где цветные лучи действовали сильнее, отложится больше металлического серебра, и эти места будут менее прозрачными (более плотными), чем участки, на которые другие цветные лучи действовали менее сильно. Обыкновенная бромосеребряная эмульсия дает наибольшую плотность в фиолетово-голубой части спектра, причем плотность будет постепенно уменьшаться в направлении к красной части спектра, и примерно уже в начале зеленого участка она доходит почти до нуля.

Таким образом опыт показывает, что галоидное серебро преимущественно чувствительно к фиолетово-голубой части спектра.

Свойство фотографической эмульсии давать различную плотность под действием различных цветных лучей называется избирательной чувствительностью. Избирательная чувствительность обычно выражается в виде графика или спектрограммы.

График строится следующим образом. Берутся две взаимно перпендикулярные линии, на вертикальной откладываются в произвольном масштабе плотности, на горизонтальной линии—положение цветных участков спектра. Полученные точки соединяются кривой.

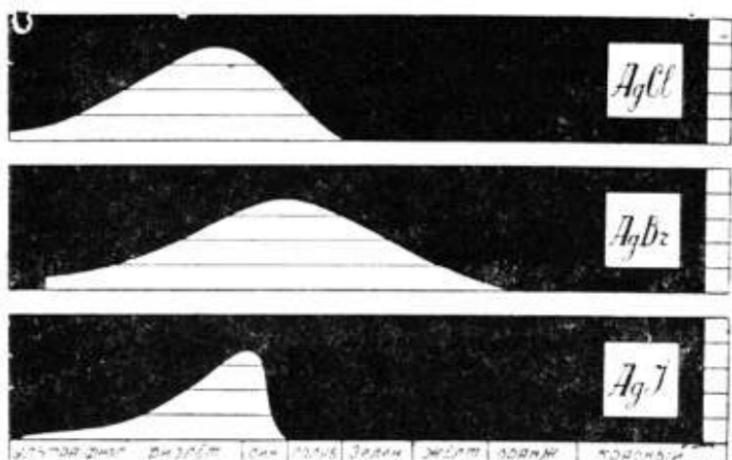
Спектрограммы получаются при фотографировании спектра через щель спектрографа, перед которой вращается диск с вырезом. При этом фотографическое изображение спектра будет иметь в резуль-

гате очертания, по форме соответствующие кривой избирательной чувствительности пластинки.

На рисунке 149 приведены кривые цветочувствительности галоидного серебра. Как видно из рисунка, к наиболее широкой части спектра чувствительно бромистое серебро. Смешанные эмульсии, особенно бромосеребряные с иодосеребряными, имеют несколько большую цветочувствительность, чем чистая бромосеребряная эмульсия.

Таким образом на обыкновенной пластинке зеленые, желтые и красные объекты получатся на позитивном изображении очень темными, почти черными, тогда как темносиние и фиолетовые, наоборот,—почти белыми.

Сравнивая кривые на рисунке 149 с кривой оптической яркости (рис. 148), можно заметить, что наиболее яркое зрительное восприятие приходится на ту часть спектра, фотохимическое воздействие которой на светочувствительную эмульсию равно практически нулю.



149. Спектральная чувствительность галоидных солей серебра.

Таким образом фотографическая пластинка вследствие природы своей светочувствительности не удовлетворяет условию, выдвинутому в предыдущем параграфе, а потому и дает неправильное искаженное представление о соотношении яркостей цветов сфотографированного предмета.

В течение долгого времени не удавалось очувствитель броможелатиновую эмульсию к неактиничным лучам.

Эту задачу удалось разрешить проф. Фогелю в 1873 г. путем введения в фотографическую эмульсию некоторых красящих веществ, которые были названы им оптическими сенсibiliзато-ами.

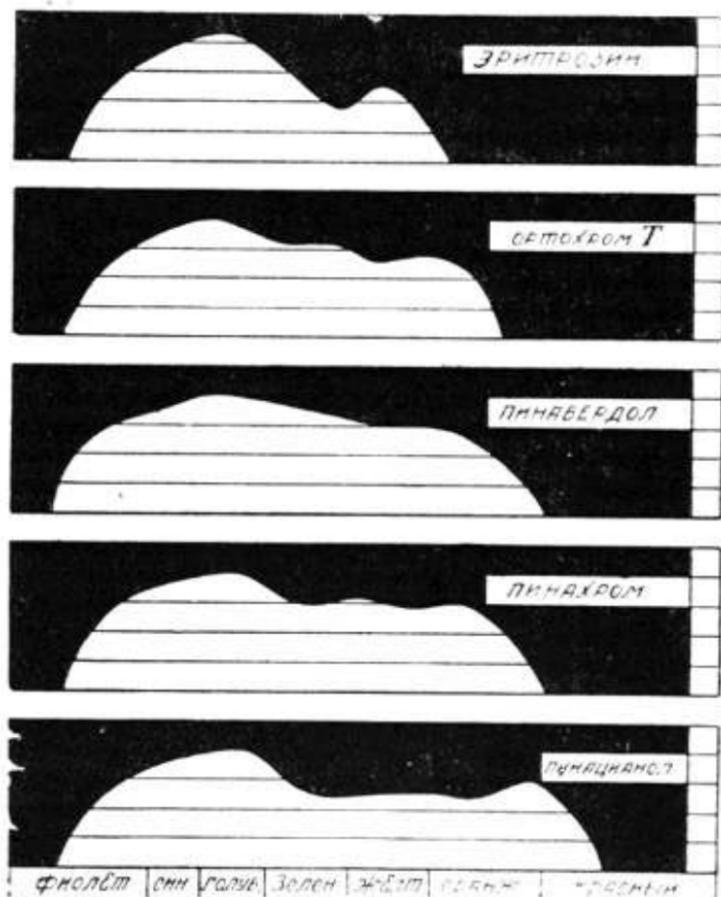
В настоящее время методика сенсibiliзации достигла больших успехов, и сейчас имеются пластинки, не только очувствленные в желто-зелено-красной части спектра, но и к инфракрасной его части.

Чувствительность к лучам спектра расширяется с увеличением относительной яркости спектра. Иначе на величину светочувстви-

тельности играет роль экспозиция: чем она продолжительнее, тем к большей зоне спектра чувствительна пластинка. Разумеется эта закономерность наблюдается в некоторых пределах и справедлива не ко всем красителям.

Оптические sensibilizаторы являются органическими красками сложного состава и строения.

Действие оптических sensibilizаторов основано на поглощении ими неактивных в фотографическом смысле лучей спектра и переносе их химического действия на галоидное серебро. Таким образом каждый sensibilizатор очувствяет эмульсию к той области



150. Кривые sensibilizирующего действия различных красителей.

спектра, которую он поглощает, а следовательно он должен быть окрашен в цвет, дополнительный к цвету лучей, им поглощаемых.

Затем краситель должен вступать с бромистым серебром в комплексные химические соединения; так например sensibilizатор эозин образует с бромистым серебром эозинное серебро. Красители, не вступающие в такого рода соединения, а просто окрашивающие галоидное серебро и желатину, свойствами оптических sensibilizаторов не обладают.

Замечательно, что достаточно ничтожнейшего количества этих веществ, чтобы очувствительность эмульсии к неактивным лучам. Так например при очувствлении пластинки эритрозином этот краситель вводится в количествах 0,001 мг (1 мг составляет 1/1000 г) на 1 см² площади пластинки. Несмотря на такое ничтожное количество эритрозина, в нем содержится огромное число молекул (100 000 000 000 000), которых вполне хватает для покрытия всех зерен-кристаллов, находящихся на площади 1 см². Для сопоставления приведем другой пример.

Так например 1 г красителя пинахрома при введении его в эмульсию достаточно для изготовления 10 тыс. панхроматических пластинок.

Частицы красящего вещества, покрывая тончайшим слоем поверхность эмульсионных зерен (как говорят, адсорбируются зернами), поглощают те или иные лучи неактивной части спектра и переносят действие их на бромистое серебро, в результате чего и происходит образование скрытого изображения. Введение же слишком большого количества красителя в значительной степени понижает светочувствительность эмульсии, так как сами красители непосредственно не обладают высокой светочувствительностью. Кроме того при введении значительных количеств красителя происходит окрашивание желатины, которая будет поглощать как раз те лучи, к которым пластинка очувствлена, т. е. она будет играть роль вредного светофильтра.

Хотя введение красителей и делает галоидное серебро чувствительным к неактивным лучам, но все же невозможно сделать его одинаково чувствительным ко всем лучам спектра; естественная чувствительность к активным лучам—голубым, синим и фиолетовым—будет значительно выше по сравнению с приобретенной чувствительностью к остальным лучам. Вследствие своей сильной химической активности они и на очувствленных к другим лучам пластинках вызывают более сильное почернение, чем лучи неактивные, давая фотографическое изображение, не соответствующее оптической яркости снимаемого объекта. Для подавления, задержания действия активных лучей употребляются светофильтры, о которых будет подробно изложено ниже.

Как читателю уже известно, очувствленные пластинки делятся на две группы: ортохроматические и панхроматические. Первые чувствительны, кроме синего участка спектра, еще к желтым и желто-зеленым лучам; вторые—ко всем лучам спектра, с наибольшей чувствительностью к оранжевой и красной его частям.

§ 11. ОПТИЧЕСКИЕ СЕНСИБИЛИЗАТОРЫ

В настоящее время известно около 25 оптических сенсibilизаторов, которые можно разделить на три основные группы:

1) сенсibilизаторы, очувствляющие пластинку к желто-зеленым лучам;

2) сенсibilизаторы, очувствляющие пластинку к оранжевым, желтым и зеленым лучам и

3) сенсibilизаторы, очувствляющие пластинку к красным, оранжевым и желтым лучам.

Полная панхроматическая сенсбилизация (к красным, оранжевым, желтым и зеленым лучам) достигается введением в эмульсию одновременно двух красителей—пинацианала и пинафлавола.

Важнейшие оптические сенсбилизаторы и некоторые свойства их приводятся в нижеследующей таблице.

Кривые сенсбилизующего действия различных сенсбилизаторов даны на рис. 150.

К каким лучам сообщает чувствительность	Сенсбилизатор	Свойства
Зеленым и желтым	Эритрозин	Красный порошок, легко растворимый в воде, трудно—в спирту. Максимум сенсбилизующего действия около 540—550 мμ.
	Пинафлавол	Желтый порошок, легко растворимый в спирту, слабо—в воде. Максимум сенсбилизующего действия около 580 мμ.
Оранжевым, желтым и зеленым	Этиловая красная (этильрот)	Коричнево-красные кристаллы с металлическим блеском, легко растворимые в спирту, трудно—в воде. Максимум сенсбилизующего действия около 580 мμ.
	Ортохром	Коричнево-красные кристаллы с металлическим блеском, легко растворимые в спирту, трудно—в воде. Максимум сенсбилизующего действия около 580 мμ.
Красным, оранжевым и желтым	Пинавердол	Фиолетово-красный порошок, легко растворимый в спирту, труднее—в воде. Максимум сенсбилизующего действия лежит около 570 мμ.
	Пинацианол	Синий порошок, хорошо растворимый в метиловом спирту, трудно—в винном спирту и воде. Максимум сенсбилизующего действия лежит около 640 мμ.
Красным, оранжевым, желтым и зеленым Инфра-красным	Пинахром	Порошок фиолетового цвета, плохо растворимый в воде, хорошо—в спирту.
	Пинацианол + пинафлавол	Максимум сенсбилизующего действия лежит около между 525—625 мμ.
	Криптоцианин.	Порошок синевато-зеленоватого цвета. Максимум сенсбилизующего действия около 770 мμ.

§ 12. СЕНСБИЛИЗИРУЮЩИЕ РАСТВОРЫ

Оптические сенсбилизаторы вводятся при изготовлении эмульсии, или же в их растворах купаются уже готовые обыкновенные пластинки.

Мы рассмотрим только второй способ очувствления как представляющий наибольший интерес для начинающего фотографа. Процесс очувствления купанием не является сложным, но требует известной аккуратности, быстроты выполнения и главное большой чистоты.

Результаты сенсбилизации купанием зависят от следующих факторов.

1) природы красящего вещества,

- 2) вида растворителя,
- 3) концентрации раствора,
- 4) температуры раствора,
- 5) продолжительности нахождения пластинки в очувствляющем растворе и
- 6) быстроты сушки выкупанных пластинок.

Природа красителя определяет зону очувствления к неактиничным лучам, о чем было сказано выше.

В качестве растворителей красителей может применяться дистиллированная вода или водно-спиртовые растворы. Для последних преимущественно употребляется винный или этиловый спирт. Употреблять водно-спиртовые растворы приходится вследствие слабой растворимости в воде некоторых красителей. Кроме того спирт более летуч, чем вода, а потому сушка пластинок протекает быстрее, что имеет чрезвычайно важное значение, так как при более быстром высушивании цветочувствительность пластинок значительно повышается.

Некоторые красители в водно-спиртовых растворах значительно хуже очувствляют пластинки к неактиничным лучам, чем просто в водных растворах, причем тем хуже, чем значительнее процентное содержание в растворе спирта. К данным красителям относятся эритрозин, пинахром, этилрот и пинавердол. Красители же, являющиеся слабо растворимыми в воде, наоборот в водно-спиртовых растворах дают значительно лучшие результаты. Такими красителями являются например пинацианол и ортохром. При пользовании рецептурой данное указание необходимо иметь в виду, ибо в некоторых рецептах водно-спиртовые растворы рекомендуются как ускоряющие процесс приготовления цветочувствительных пластинок. В этом случае необходимое ускорение достигается за счет понижения качества, что не во всех случаях целесообразно.

К растворам красителей для увеличения цветочувствительности рекомендуют часто прибавлять аммиак. Небольшое его количество (1—2 см³ на 100 см³ раствора) повышает несколько цветочувствительность пластинок. Избыток же аммиака оказывает вредное влияние на пластинки, значительно понижая срок их сохранности. Иногда в раствор для увеличения цветочувствительности пластинок прибавляется очень незначительное количество слабых кислот, например уксусной.

Как уже упоминалось выше, для очувствления к цветам пластинки требуется очень незначительное количество красителя, поэтому концентрация его в растворах в различных рецептах колеблется от 1:30 000 до 1:100 000. Чтобы иметь возможность приготовить раствор такой слабой концентрации, делают сначала запасные 1/10-процентные растворы красителей, для чего на 100 см³ растворителя берут 1 г красителя. Затем, приливая на 100 см³ очувствляющего раствора от 1 до 3 см³ запасного раствора, получают соответственно концентрацию красителя от 1:100 000 при 1 см³ до 1:30 000 при 3 см³.

Влияние температуры сказывается в том, что теплые растворы сенсibiliзируют пластинки лучше холодных. Но слишком высокая температура раствора сильно расслабляет желатину на пластинках почему рекомендуется очувствлять пластинки при 18—20 С°.

Купать пластинки в сенсibiliзирующем растворе более трех минут не рекомендуется, так как при более продолжительном лежании пластинки кристаллы бромистого серебра покроются слишком значительным слоем красителя, вследствие чего понизится общая чувствительность эмульсии.

Слишком продолжительная сушка очувствленных пластинок может свести на-нет проделанную работу. Поэтому рекомендуется устроить шкафчик по следующей схеме (рис. 151). Для усиления тяги к верхней вытяжной трубе можно приделать жестяную коробочку, подогреваемую лампой, или поместить вентилятор. Разумеется ящик должен быть абсолютно светонепроницаем. Внутренность его лучше всего окрасить черной матовой краской. В таком шкафу пластинки, очувствленные в водно-спиртовом растворе, высыхают в течение 15—20 мин., очувствленные же в водном растворе—через 30—40 м. Надо всегда стремиться достигнуть максимальной скорости сушки, потому что чем быстрее высушена пластинка, тем она цветочувствительнее.

Сенсибилизировать можно как хлорбромосеребряные пластинки, так и бромосеребряные. Для достижения хороших результатов лучше брать пластинки чисто работающие.

В качестве примера приведем рецепт очувствления пластинки к желтым и зеленым лучам спектра эритрозином.

Растворяют 0,5 г эритрозина в 500 см³ дистиллированной воды

Для употребления берут: воды дистиллированной—100 см³, раствора эритрозина—2 см³, аммиака (тройного 25-процентного нашатырного спирта)—2 см³.

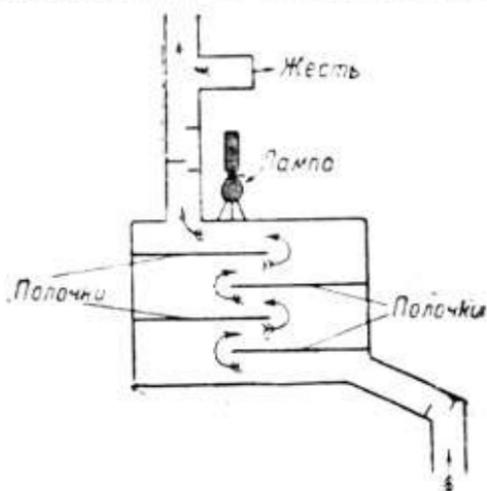
Техника очувствления будет изложена в практической работе. Следующие рецепты¹ дают наилучшие результаты панхроматического очувствления.

Приготавливаются сначала спиртовые запасные растворы пинахрома, пинахромвиолета, пинавердола и пинацианола концентрации 1:2 000 (на 200 г спирта 0,1 г красителя). Так приготовленные растворы долго сохраняются в темноте в склянках из темного стекла.

Для приготовления сенсibiliзирующего раствора берут запасные растворы красителей—воду и спирт в количествах, указанных в таблице (см. стр 186).

Купание этих растворов производится в абсолютной темноте. Техника очувствления будет изложена в практической работе.

При сенсibiliзации требуется учитывать истощаемость сенсibiliзирующего раствора. Можно очувствить в 300 см³ водного раст-



151. Схема сушильного шкафчика.

¹ Заимствованы из ст. В. Чельцова, „Советское фото“ № 20, 1929.

вора сенсibilизатора не больше 5 пластинок размера 13×18 см и не больше 10 — размером 9×12 см, после чего раствор стано-

Сенсibilизирующий раствор	Кубические сантиметры					
	Воды де-стиллированной	Спирта	Запасного раствора пинахрома	Запасного раствора пинахром-виолета	Запасного раствора пинавер-дола	Запасного раствора пинациа-нола
I.	120	20	5	—	—	1,5
II.	120	20	5	1,5	—	—
III.	120	20	5	1,0	—	0,5
IV.	120	20	—	4	2	—

вится негодным к употреблению. В водно-спиртовом растворе можно почувствовать несколько большее количество пластинок, а именно: 13×18 см — до 9, а 9×12 см — до 18.

Приводим еще ряд рецептов.

Пинахром

Растворяют при нагревании в 100 см³ спирта 1 г пинахрома после полного растворения прибавляют последовательно 600 см³ спирта и 300 см³ воды. Данный запасной раствор сохраняется в темноте очень долго.

Для сенсibilизации берут:

Воды дистиллированной	500 см ³	I	200 см ³	II
Спирта	250 "		—	
Запасного раствора	15 "		4 "	

Пластинка купается в течение 3—4 минуты, затем высушивается в темноте. При употреблении II раствора необходима перед сушкой 2—3-минутная промывка. В I растворе можно сенсibilизировать 8 пластинок, во II — 30.

Пинацианол

Растворяют при нагревании в 100 см³ спирта 1 г пинацианола, после полного растворения прибавляют еще 900 см³ спирта. Данный запасной раствор сохраняется в темноте очень долго. Для сенсibilизации берут:

Воды дистиллированной	250 см ³	I	500 см ³	II
Спирта	— "		250 "	
Запасного раствора	3 "		10 "	

Пластинка купается, если пользуются I раствором, 2—3 минуты, если II, то 3—4. Затем при пользовании I раствором промывается 2—3 минуты, после чего происходит высушивание в темноте. Производительность растворов та же, что указана для пинахрома.

Пинавердол

Растворяют при нагревании в 100 см³ спирта 1 г пинавердола, затем добавляют последовательно 600 см³ спирта и 300 см³ дистилли-

рованной воды. Раствор сохраняется в темноте хорошо. Для сенсibilизации берут:

	I	II
Воды дистиллированной	200 см ³	100 см ³
Спирта	— "	50 "
Запасного раствора	3—4 "	3 "

Пластинка купается в обоих случаях 3—4 минуты, затем в I случае высушивается после предварительной 3—4-минутной промывки, во II — сразу после купания. Раствор может сенсibilизировать не более 6—7 пластинок 9 × 12 см.

Пинафлавол

В 100 см³ воды дистиллированной или спирта растворяют 1 г пинафлавола. Для сенсibilизации берут:

Воды дистиллированной	100 см ³
Запасного раствора	3 "

Купание производится в течение 3 минут, затем пластинка сушится без предварительной промывки.

Эритрозин

В 500 см³ дистиллированной воды растворяется 1 г эритрозина. Для сенсibilизации берут:

	I	II
Воды дистиллированной	250 см ³	200 см ³
Спирта	— "	100 "
Запасного раствора	4 "	6 "

Купание в обоих случаях производится 2—3 минуты. В I случае — высушивание после 1—2-минутной промывки, во II — сразу.

Криптоцианин

В 40 см³ теплого алкоголя растворяют 40 миллиграмм криптоцианина. Этот раствор может сохраняться в темноте не более 2 недель. Для приготовления рабочего раствора берут:

Запасного раствора	0,4 см ³
1% раствора буры	15 "
Дистиллированной воды	85 "

Концентрация данного раствора равна 1:1.000.000.

Купание производится 2—3 минуты при 15—18° С, после чего следует полуминутное ополаскивание пластинки в дистиллированной воде и сушка в теплом воздухе. Очувствлять лучше всего ортохроматические пластинки.

Работа 26. Очувствление обыкновенной пластинки к желто-зеленым лучам сенсibilизатором эритрозином

Приготовьте: 1) дистиллированной воды 1 л, 2) пластинки и краситель, 3) склянку темного стекла на 500 г воды, 4) три совершенно чистые кюветы, 5) аммиак тройной (25-процентный) и 6) мензурку.

Выполнение работы

1. Налейте в склянку темного стекла 500 см³ воды и всыпьте в нее 0,5 г эритрозина. Этим вы приготовите запасный раствор.

2. Затем приступайте к приготовлению очувствляющего раствора согласно вышеуказанному рецепту. Для этого, отмерив мензуркой 100 см³ дистиллированной воды, влейте ее в кювету. Затем добавьте в нее 2 см³ аммиака.

3. Налейте в другую кювету опять 100 см³ дистиллированной воды и добавьте в нее 8,5 см³ 25-процентного аммиака — этим вы получите 2-процентный раствор аммиака.

4. Погрузите в полученный раствор пластинку, которую хотите очувствить, на 2—3 минуты.

5. Затем вдали от темнокрасного света возможно быстро опустите в очувствляющий раствор размоченную пластинку, стремясь чтобы раствор сразу покрыл ее по всей поверхности.

6. Как только пластинка опущена, немедленно начинайте покачивать кювету. Это ускоряет процесс сенсibilизации и предохраняет от неравномерного окрашивания эмульсионного слоя красителем.

7. По истечении 2—3 минут выньте из очувствляющего раствора пластинку и положите ее промываться в воду, причем кювету надо также покачивать. Через 3 минуты выньте пластинку и поставьте ее вертикально на 15—20 секунд, чтобы раствор мог стечь, затем коротким сотрясением смахните образовавшиеся на поверхности и краях пластинки капли. После этого поставьте пластинку в сушильный шкаф или за неимением такового сушите в струе воздуха от электрического вентилятора.

При просушке переворачивать пластинку не рекомендуется, а потому соберите образовавшийся внизу избыток раствора фильтровальной бумагой.

После высушки пластинку можно употреблять для съемок.

Техника очувствления пластинок другим рецептом та же, за исключением количества времени, в которое держатся пластинки в растворах. Обычно время купания, споласкивания приводится в рецептуре.

§ 13. ГИПЕРСЕНСИБИЛИЗАЦИЯ

Попутно с очувствлением пластинки к различным цветным лучам возможно одновременно увеличить и общую чувствительность, что чрезвычайно важно в случае неблагоприятных условий съемки.

Повышение общей чувствительности производится введением в эмульсию аммиачного раствора хлористого серебра. Такое повышение чувствительности пластинок называется гиперсенсibilизацией (сверхсенсibilизацией) (рис. 152).

Для гиперсенсibilизации обыкновенных пластинок к вышеприведенным сенсibilизирующим растворам прибавляется к каждому по 3 см³ запасного аммиачного раствора хлористого серебра.

В случае же гиперсенсibilизации уже готовых (фабричных) ортохроматических и панхроматических пластинок необходимо купать их в следующем растворе:

Воды дистиллированной	200 см ³
Запасного аммиачного раствора хлористого серебра	4 "

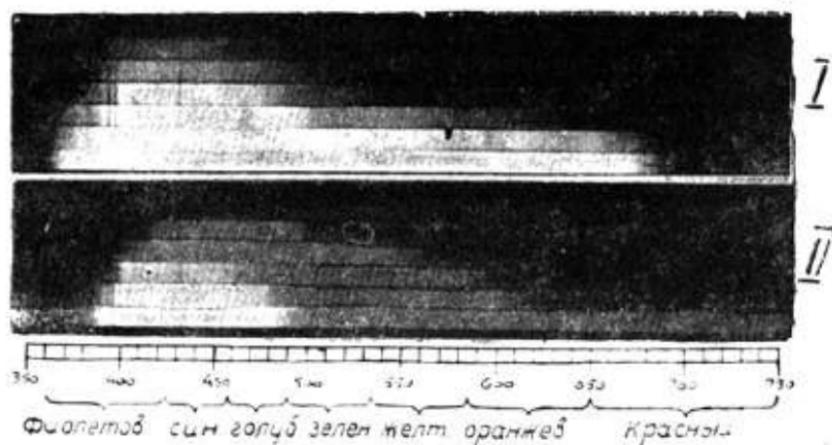
В результате гиперсенсibilизации в указанных растворах можно достигнуть повышения чувствительности пластинок в 10—15 раз.

Для приготовления запасного аммиачного раствора берут:

Воды дистиллированной	100 см ³
Азотнокислого серебра	1,5 г

К раствору при красном свете прибавляется химически чистая соляная кислота до тех пор, пока не перестанет образовываться хлористое серебро. Полученный осадок отфильтровывается и промывается до тех пор, пока не будут полностью удалены следы соляной и азотной кислоты. Затем его растворяют в концентрированном (25-процентном) аммиаке. Этот раствор при условии хранения в темноте бывает годным к употреблению в течение нескольких месяцев (подробности даны в работе).

Гиперсенсibilизирование должно производиться в полной темноте в случае панхроматической эмульсии и при очень слабом красном освещении в случае ортохроматической.



152. Действие гиперсенсibilизации. I—цветочувствительность пластинок до гиперсенсibilизации; II—после гиперсенсibilизации.

Как обыкновенная сенсibilизация, так особенно и гиперсенсibilизация ставит очень жесткие требования в отношении освещения лаборатории: приходится работать при красном свете с освещением, а чаще всего в полной темноте. Выбирать же освещение неактиничное для данной пластинки, особенно в случае панхроматической эмульсии, чувствительной к красным и оранжевым лучам, весьма затруднительно.

Работа 27. Гиперсенсibilизация обыкновенной, ортохроматической и панхроматической пластинок

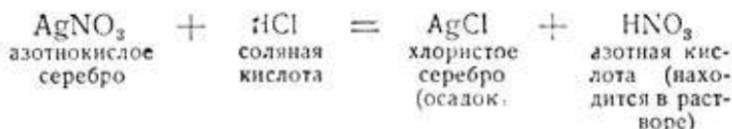
Приготовьте: 1) дистиллированной воды 500 см³, 2) пластинок, 3) красители: пинахром и пинацианол, 4) азотнокислое серебро, 5) разведенный раствор соляной кислоты, 6) аммиак тройной — 250 см³ (25-процентный), 7) спирт винный, 8) склянок желтого стекла на 500 см³ — 3, 9) чистых кювет — 2, 10) лакмусовую бумагу и 11) несколько пробирок.

Выполнение работы.

А. Приготовление химического sensibilizатора — аммиачного раствора хлористого серебра.

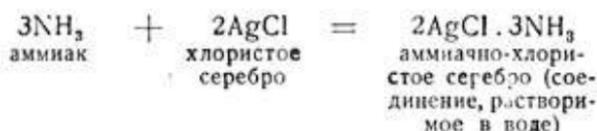
1. Отвесьте 1,5 г азотнокислого серебра и растворите их в 100 см³ дистиллированной воды.

2. Приливайте (при красном свете) приготовленный раствор азотнокислого серебра соляной кислоты до тех пор, пока больше не будет образовываться хлористое серебро. С химической стороны здесь произойдет следующее:



3. Отфильтруйте полученный осадок хлористого серебра и, оставляя его на фильтре, приливайте в воронку воды до тех пор, пока не будут полностью удалены следы азотной и соляной кислот. Проверить это можно, подставив под стекающие из воронки капли промывной воды синюю лакмусовую бумажку¹. Если она не покраснеет, то это указывает на отсутствие кислотности раствора.

4. Тогда соберите с фильтра хлористое серебро в пробирку (или стаканчик) и ополосните его еще раз водой, которую затем осторожно слейте с осадка. Растворите полученный осадок в 200 см³ концентрированного (25-процентного) аммиака. С химической стороны здесь происходит следующий процесс:



Этот раствор будет являться запасным и при хранении в темноте будет годным к употреблению в течение нескольких месяцев.

5. Приготовьте запасные растворы пинахрома и пинацианола, для чего в 200 см³ винного спирта растворите 0,1 г каждого красителя. Сделайте на склянках надписи, чтобы не перепутать красители.

6. Приготовьте по рецепту I в приведенной выше табличке чувствительный раствор, для чего влейте в кювету воды — 130 см³, спирта — 20 см³ запасного раствора пинахрома — 5 см³, пинавердола — 1,5 см³ и аммиачно-хлористого серебра — 3 см³. Температура раствора должна быть 15—16° С.

7. Погрузите в абсолютной темноте пластинку в приготовленный раствор так, чтобы он сразу покрыл всю ее площадь. Покачивайте в течение 10 минут кювету.

8. Затем выньте пластинку и промойте в водно-спиртовой смеси (1 часть воды и 3 части спирта) около 3 минут и погрузите затем для обезвоживания в крепкий спирт минут на 5.

¹ Лакмусовая бумажка служит для открытия кислот и щелочей. Синяя лакмусовая бумажка от присутствия кислот краснеет, а красная лакмусовая бумажка от присутствия щелочи синеет.

9. Произведите сушку, как было указано в пп. 7, 8 и 9 предыдущей работы.

10. Для гиперсенсibilизации ортохроматических и панхроматических пластинок вместо раствора, указанного в п. 6 настоящей работы, сделайте следующий:

Воды дистиллированной 200 см³
Запасного аммиачного раствора хлористого серебра . 4 .

Дальнейшая обработка протекает, как указано в пп. 7, 8 и 9 настоящей работы.

При желании повысить только общую чувствительность обыкновенных пластинок, их можно также купать в этом растворе, придерживаясь указанных правил.

§ 14. СВЕТОФИЛЬТРЫ

Нами уже неоднократно указывалось, что одна сенсibilизация фотографической пластинки не дает правильной цветопередачи, соответствующей оптической яркости цветов. Следовательно пользование одними ортохроматическими или панохроматическими пластинками не даст нужного эффекта. Это объясняется тем, что чувствительность галоидного серебра к лучам с короткой длиной волны, несмотря на сенсibilизацию, остается все же такой же, как и у обыкновенной эмульсии.

Если выразить общую цветочувствительность ортохроматической пластинки единицей, то 0,975 часть ее придется на сине-фиолетовую и ультрафиолетовую части спектра и только 0,025 — на желто-зеленую часть спектра; цветочувствительность же к оранжево-красным лучам равна нулю.

Поэтому для подавления действия актиничных лучей при съемках на ортохроматических и панхроматических пластинках употребляются светофильтры.

Светофильтры представляют собой плоско-параллельные стеклянные пластинки, окрашенные специальными красителями. Эти красители обладают способностью поглощать лишь определенные лучи и в строго определенном соотношении. Свойство красителя поглощать только определенные лучи называется избирательным поглощением.

Таким образом, помещая светофильтр перед объективом фотографического аппарата, мы можем в зависимости от его окраски избирательно поглощать нужную часть спектра.

Поскольку нами было установлено, что на правильную цветопередачу оказывают вредное влияние сине-фиолетовые и ультра-фиолетовые лучи, то светофильтры и должны их поглощать, чтобы максимально ослабить их действие. Для этого они должны быть окрашены в желтый цвет. Действие светофильтра показано на рисунке 153. Светофильтр пропускает только зеленые, желтые, оранжевые лучи, а голубые, синие и фиолетовые поглощает.

Светофильтры в зависимости от своих свойств разделяются на следующие группы:

1) монохроматические, пропускающие только очень узкую часть спектра;

2) селективные, пропускающие небольшую группу лучей определенной цветности;

3) компенсационные, поглощающие сине-фиолетовую и ультра-фиолетовую части спектра и служащие для исправления цвето-передачи;

4) субстративные, поглощающие лишь небольшую часть спектра.

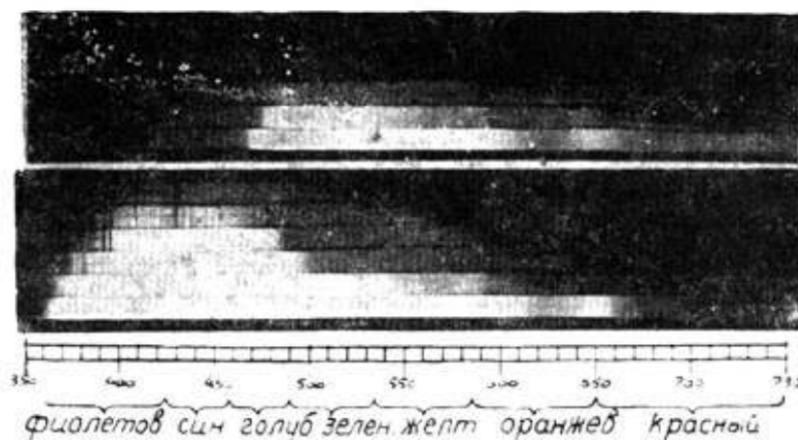
Действие этих фильтров показано на рисунке 154.

В обычной фотографической практике преимущественно употребляются компенсационные светофильтры.

Они в свою очередь разделяются:

а) на светофильтры для правильной цветопередачи и

б) контрастные.



153. Действие светофильтра.

Светофильтры для правильной цветопередачи, как показывает само название, передают на фотографических пластинках цвета соответственно их оптической яркости.

Контрастный светофильтр выделяет какой либо определенный цвет, передавая остальные одинаково ярко.

Наиболее часто применяются для изготовления желтых свето-фильтров следующие красители:

1) рапид-фильтр-гельб,

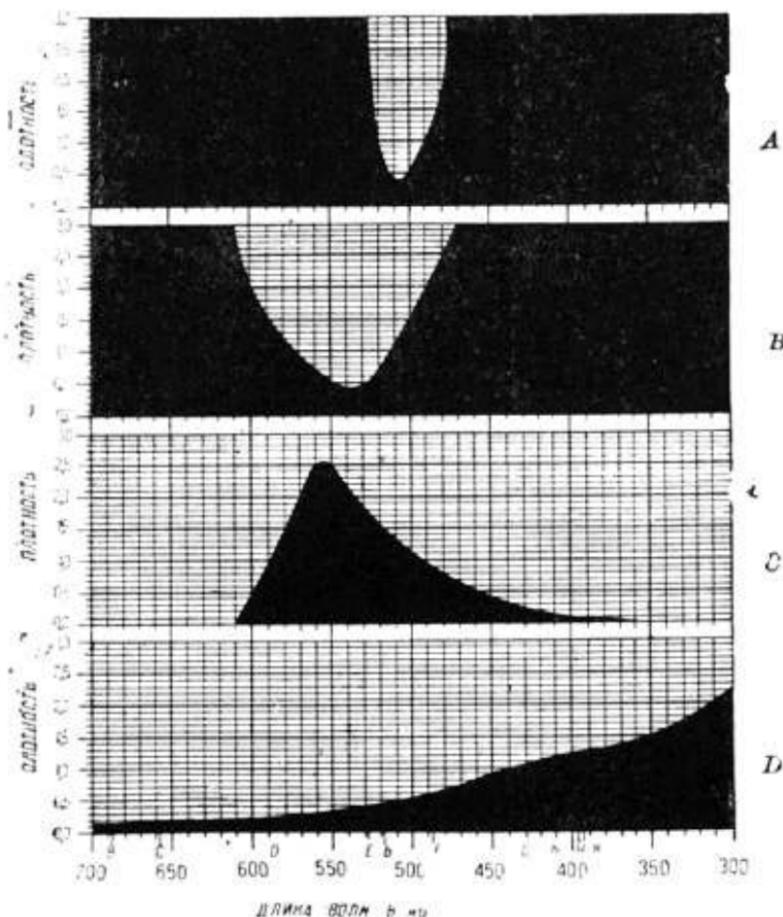
2) тартрацин,

3) аурамин О и

4) пиразоль-гельб.

Для определения избирательных свойств красителя он исследуется во-первых, на спектрографе, который позволяет определить как длину волн, поглощенных данным красителем, так и длину волн лучей, им пропускаемых. Кроме того на спектрофотометре определяется количественно, насколько уменьшается интенсивность пропускаемых кра-

ителем лучей определенной длины волны, т. е. насколько фильтр является прозрачным для данных лучей.



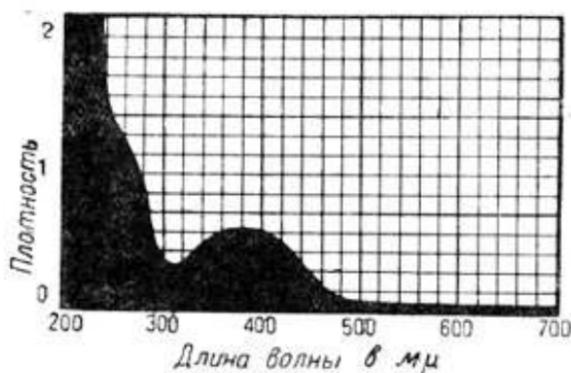
154. Действие различных типов светофильтров *A* — монохроматические *B* — селективные. *C* — субтрактивные и *D* — компенсационные.

Данные сведения и характеризуют качество красителя. Они обычно выражаются графически, для чего на оси абсцисс наносятся длины волн, а на оси ординат — прозрачность светофильтра. Вместо прозрачности часто указывается плотность. Между этими величинами существует следующая зависимость¹.

Величина поглощения	Прозрачность	Непрозрачность	Плотность
Слабое поглощение	1	0	0
Среднее "	0,1	10	1
Сильное "	0,01	100	2
	0,001	1000	3

¹ Этот вопрос подробно рассмотрен в пятой части „Сенситометрия“ данной книги.

Обычно плотность равная и выше трех означает практически полное поглощение света.

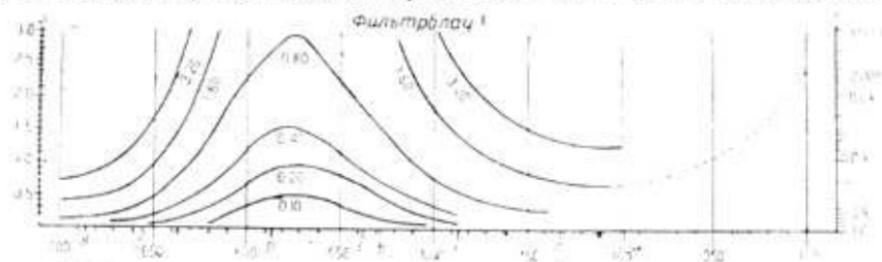


155. Кривая поглощения светофильтра.

На рисунке 155 дана кривая поглощения светофильтра.

Величина поглощения также зависит от концентрации красителя: чем она больше, тем сильнее происходит поглощение лучей. Графически это выражается тем, что кривая все более и более удаляется от оси абсцисс (рис. 156).

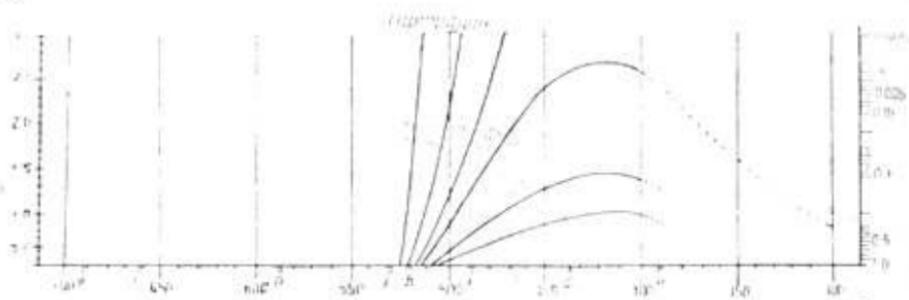
Кроме этого наблюдается следующее интересное явление: с увеличением концентрации красителя одновременно передвигается к красному концу спектра и граница поглощения. Это передвижение происходит до определенной концентрации, после которой точка сдвига достигает предела. В этот момент характер поглощения красителя можно считать неизменным.



156. Зависимость поглощения от величины концентрации красителя.

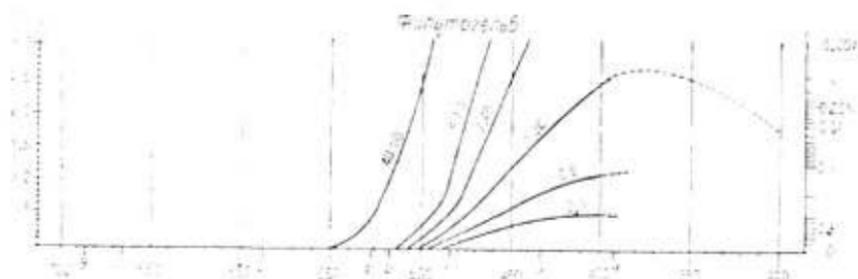
Значение границы поглощения особенно важно при расчете светофильтров.

Характеристика тартразина и фильтр-гельб даны на рисунке 157 и 158.



157. Кривые поглощения тартразина.

Ограничиваться одним светофильтром нельзя, так как подбор его зависит от объектива, цветочувствительности материала и источника освещения.



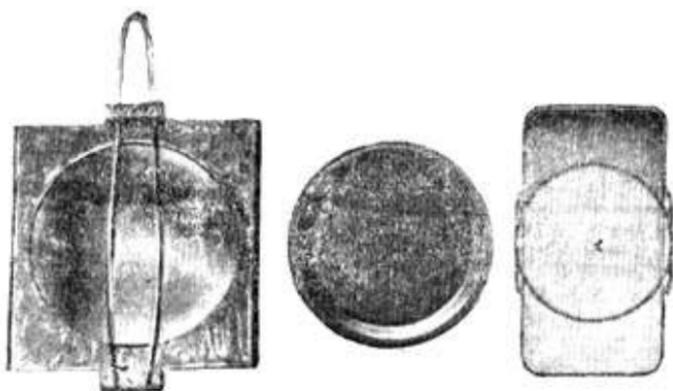
158. Кривые поглощения фильтреальб.

Величина концентрации красителя выражается в величинах Гюбля, выражающих соотношение количества красителя в граммах к площади светофильтра в кв. метрах:

$$\frac{1 \text{ г}}{1 \text{ м}^2} = 1 \text{ Н.}$$

Таким образом выражение: «тартрацин 1,0» — означает, что на 1 м^2 поверхности светофильтра взят 1 г тартрацина.

Надо заметить, что плотность светофильтра не является величиной постоянной, но зависит от характера общей и избирательной чувствительности фотографической эмульсии. Поэтому необходимо всегда при перемене номера эмульсии пластинок определять кратность фильтра. Как это делается будет указано в практической работе.



159. Светофильтры: квадратный, пригодный для любых размеров объективов; круглый, рассчитанный для определенного размера объектива, и оттеняющий.

По внешнему виду светофильтры бывают квадратными, рассчитанными на любой объектив, и круглые, рассчитанные на определенный размер объектива. Кроме того для съемки облаков употребляют так называемый светофильтр-оттенитель, представляющий собой не сплошную окрашенную среду, а имеющую плотность окраски, нисходящую на-нет (рис. 159).

Светофильтр можно готовить двумя способами: 1) путем полива чистых стекол и 2) купанием в растворе тщательно отфиксированной и промытой, не экспонированной фотографической пластинки. Первый способ даст более лучшие результаты, чем второй.

Стекло, применяемое для светофильтров, должно быть чисто белым, без всяких оттенков, без пузырей и царапин. Кроме того необходимо, чтобы поверхности стекла были плоско параллельны между собой. Отсутствие плоско-параллельности приводит к получению нерезких снимков. Проверить плоско-параллельность легко. Для этого рассматривают на черном фоне в отраженном свете изображение электрической лампочки. Если при вращении стекла вокруг оси, перпендикулярной его плоскости, не появится двойных контуров изображения электрической лампочки, то стекло имеет плоско-параллельные стороны.

Если нет специального оптического стекла, то лучше всего употреблять стекла от фотографических пластинок, предварительно смыв осторожно с них эмульсию.

Перейдем теперь к практике приготовления светофильтров.

Ниже приводится рецептура по Гюблю.

Краситель	Плотность	Концентрация красителя в растворе и количество последнего, необходимое для приготовления светофильтра	Цвет и прозрачность фильтра	Краткость (прибл.) при пластинке		Применение светофильтра при пластинке		
				с хорош. ортохром.	со слаб. ортохром.	с хорош. ортохром.	со слаб. ортохром.	
Рапид-фильтр-гельб	0,5	1:100	5 см ³	Желтый, очень светлый	1,5	3	Моментальная съемка видов для портретов	Практически не дает существенного различия от снимка без светофильтра
Тартрацин	1,0	1:100	10 см ³	Желтый средний	2	6	Съемка в горах при темном небе	
Тартрацин	3,5	2:100	17 см ³	Желтый густой	3	10	Нормальный фильтр, правильная передача цветов. Видовая съемка и для репродукции.	
	3,0	2:100	15 см ³	Оранжевый средний	4	12	Уничтожение воздушной дымки и выявление далее в видовой съемке.	

Для полива указанное в третьей графе количество красителя смешивать с 8-процентным раствором желатины, причем объем получившейся смеси не должен превышать 70 см³. Полив производится из расчета 7 см³ на 100 см².

Работа 28. Приготовление светофильтра поливом

Приготовить: 1) стекло, удовлетворяющее вышеозначенным требованиям, 2) 5 см³ раствора рапид-фильтр-гельб концентрацией 1:100, 3) грибок, представляющий собой дощечку с ручкой, с прикрепленными по углам дощечки четырьмя обожженными кусочками каучука (рис 160). Стекло очень хорошо держится на ней.

Выполнение работы.

1. Приготавливают 8-процентный раствор желатин (руководствоваться парагр. 4, части III).

Примечание. Если желатин не фотографический, то его надо предварительно освободить от примеси. Делается это так:

а) Отвешенное количество желатина оставляют набухать в воде около часа, б) По набухании нагревают на водяной бане в продолжение 2—3 час. (не более!) при температуре 30—35° С. За это время примеси осядут на дно, а жир всплывает наверх. Раствор не помешивать.

в) Застуденют желатин и вновь в небольшой промежуток времени помешают в водяную баню. Как только по краям желатин расплавится, вынимают застуденевшую массу и обрезают по 1 см снизу и сверху.

2. Прибавляют к 65 см³ 8-процентного раствора желатина 5 см³ раствора красителя.

3. Смесь нагревают в водяной бане до 40—45° С (не выше). До той же температуры нагревают и мензурку, в которой будет производиться отмеривание.

4. Берут стекло и укрепляют его на грибок.

Примечание. Перед поливом стекло должно быть очищено самым тщательным образом путем кипячения в воде с содой и последующей промывкой слабым раствором серной кислоты, потом чистой водой и наконец спиртом.

5. Наливают раствор (температура комнаты не ниже 18—20° С) на середину стекла и поворачивая его во все стороны, добиваются равномерного распределения желатина по поверхности.

6. Затем ставят стекло на заранее установленную по ватерпасу горизонтально пластинку и дают застыть. (Необходимо защитить слой от пыли).

7. По застуденении стекло можно поместить в сушильный шкаф для окончательной сушки.

8. На высохший фильтр накладывают второе стекло, также удовлетворяющее всем вышесказанным требованиям, и оба стекла склеиваются канадским бальзамом. Для этого светофильтр нагревают до 25—30° С, капают на него несколько капель канадского бальзама и накрывают покровным стеклом, стремясь избежать воздушных пузырьков.

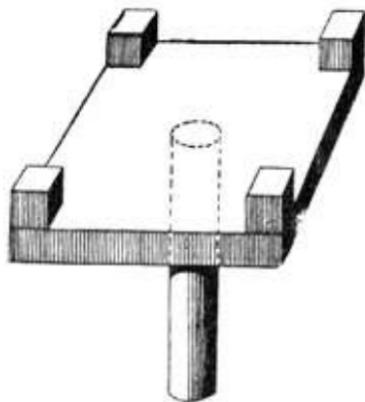
9. Затем помешают светофильтр под груз (до 1 кг) и оставляют под ним на сутки.

10. Очищают осторожно скипидаром грязь и оконтовывают.

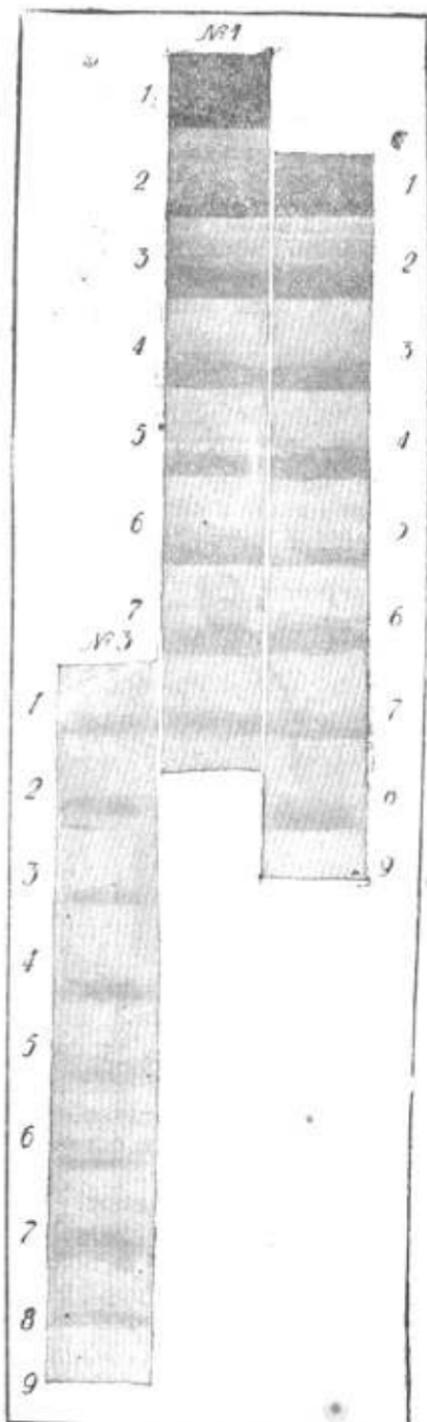
11. Доброкачественность поливки определяют рассмотрением на просвет лампы при вращении светофильтра вокруг его оптической оси: двойные контуры должны отсутствовать. Затем производится фотографическая проверка пробной съемкой.

Работа 29. Определение кратности светофильтра

Приготовьте: 1) фотографический аппарат с затвором до 1/100 сек.; 2) кассету, заряженными двумя пластинками; 3) испытуемый светофильтр; 4) все необходимое для проявления, фиксирования и т. п.; 5) сантиметровую линейку.



160. Грибок для полива светофильтров.



161. Различные плотности трех негативов, из которых один снят без светофильтра (№ 1) и два с различными светофильтрами (№ 2 и 3).

Выполнение работы.

1. Получите вначале два градационных негатива при съемке неба. Градационным негативом называется такой негатив, на котором имеется несколько отдельных участков различной плотности. Один из негативов должен быть получен при съемке без светофильтра, второй же — со светофильтром.

Чтобы получить в данном случае такой негатив, поступайте нижеследующим образом. Навидите объектив на небо, выдвиньте шторку кассеты на 2 см, если пользуетесь пластинкой размером 13×18 см или на 1 см, если пластинка будет 9×12 см. Величину полоски превертите сантиметровой линейкой. Произведите съемку с экспозицией в $1/100$ сек.

Таким образом вы получили снятый один участок на пластинке.

2. Далее не изменяя положения аппарата, произведите с той же экспозицией вторую съемку, для чего выдвиньте дальше кассету еще на 2 см. При этом вы получите снятым второй участок. Нетрудно сообразить, что первый участок при второй съемке получит света в два раза больше, чем второй.

3. Затем опять выдвиньте кассету еще на 2 см и при тех же условиях произведите съемку. Вы получили снятым третий участок, причем при этой съемке первый участок получит света уже в три раза больше, чем третий, второй же — в два раза больше.

4. Повторяя дальше указанным способом съемку, вы на пластинке в конечном результате должны получить девять таких участков, из которых каждый будет подвергнут действию света не в одинаковой степени. Отсюда становится понятно, что если вы такую пластинку затем проявите, на негативе получите девять участков различной

плотности. Самым плотным окажется первый участок, затем плотность будет понижаться.

5. В только что проделанной работе вы получили градационный негатив при съемке без светофильтра. Теперь же наденьте на объектив испытуемый светофильтр и при тех же условиях, как и раньше, снова произведите съемку. В результате вы получите второй градационный негатив. При проявлении пластинки в этом случае соблюдайте точно те же условия, что и в предыдущем случае. Обращайте главное внимание на то, чтобы время проявления в обоих случаях было одинаково. Лучше всего их проявлять вместе.

6. Полученные два негатива сравните между собой. При этом заметите, что плотности отдельных участков будут различны. Допустим, что второму участку негатива при съемке без светофильтра соответствует первый участок негатива, снятый со светофильтром (рис. 161). Это будет означать, что второй негатив в момент съемки получил света в два раза меньше, чем первый; следовательно применяемый светофильтр уменьшил экспозицию в два раза. Отсюда вывод: кратность светофильтра равна 2.

Если бы первый участок второго негатива по плотности подходил к четвертому или пятому участку первого негатива, то таким образом светофильтр был бы четырех-или пятикратный и т. д.

ВОПРОСЫ

Проработав главу о негативном материале, постарайтесь дать себе ясные ответы на следующие вопросы:

1. Что называется негативным материалом?
2. Каким способом можно получить бромистое серебро?
3. Что называется фотографической эмульсией?
4. Что такое фильма-?
5. Перечислите преимущества и недостатки пластинок и пленок?
6. Как надо хранить пластинки?
7. Что называется светочувствительностью фотографической эмульсии?
8. Как разделяются по чувствительности пластинки?
9. Укажите зависимость характера изображения пластинок от их чувствительности.
10. Для каких видов съемок можно применять пластинки той или иной чувствительности?
11. Как различаются пластинки по их цветочувствительности?
12. Укажите особенности ортохроматических пластинок.
13. Когда надо применить противоореольные пластинки?
14. Каким способом можно сделать противоореольный обыкновенную пластинку?
15. При каком свете можно раскрывать пластинки?
16. Какие вещества являются исходными для приготовления фотографических эмульсий?
17. Опишите свойства этих веществ.
18. Какой процесс называется созреванием эмульсии и каково его значение?
19. Какова структура фотографической эмульсии?
20. Что такое зародышевые образования и какова их роль в деле создания изображения?
21. Что такое оптическая яркость? Какие лучи мы воспринимаем наиболее ярко?
22. Какие лучи действуют фотохимически?
23. В чем заключается сущность оптической сенсibilизации?
24. Какие сенсibilизаторы очувствляют пластинку к желто-зеленой части спектра?

25. Какие sensibilizatory чувствляют плас инку к оранжевым, желтыми зеленым лучам?
26. От чего зависит результат sensibilizatsii?
27. В чем заключается сущность гипер sensibilizatsii?
28. На какие виды разделяются светофильтры?
29. Какие красители употребляются для изготовления светофильтров?
30. Как выражается величина концентрации красителя?
31. Что такое кратность светофильтра и как она определяется?
32. Как изменяется характер поглощения от изменения концентрации красителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. НЕБЛИТ. Общий курс фотографии, ч. 1, стр. 128 — 146 и 146 — 179, изд. «Огонек» 1930.
2. К. МАРХИЛЕВИЧ и В. ЯШТОЛЬ Ц-ГОВОРКО. Фотографическая химия, стр. 138 — 180, изд. журн. газ. объединения, 1932.
В книге в легко доступной форме изложены теория и рецептура приготовления фотографических эмульсий.
3. Э. УОЛЛ, Фотографические эмульсии, изд. Гос. научно-техн. изд., Л. 1931.
В книге изложена теория и практика эмульсионного дела. Книга написана для читателя средней квалификации.
4. Е. УАЕНТА, Химия фотографических процессов, ч. I и II.
В этой книге имеется рецептура приготовления фотографических эмульсий
5. К. ЧИБИСОВ, Физико-химическая интерпретация светочувствительности фотографических эмульсий, «Фотоальманах» изд. «Огонек», 1928.
Статья рассчитана на подготовленного читателя.
6. Сборник трудов Научно-исслед. кино-фотоинститута. Работа эмульсионной и коллоидной лабораторий, т. I, Гизлегпром, 1932.
В сборнике имеется ряд статей, освещающих теории синтеза фотографической эмульсии. Книга рассчитана на хорошо подготовленного читателя.
7. АРТУР ГЮБЛЬ, Ортохроматическая фотография и светофильтры, изд. Техник-печать, 1930.
В книге изложены теория и практика изготовления светофильтров для различных целей. Для чтения требуется подготовка.
8. Н. А. ЦЕРЕВИТИНОВ, Светофильтры и их приготовление, «Пролет-фото» № 4 и 5, 1932.
В статье в популярной форме изложены теория и практика приготовления светофильтров.
9. Д. СОЛЬСКИЙ и ДР. Фотография и аэрофотография, изд. Авианздат, 1926 г.
В книге помещена глава расчетов светофильтров по Гюблю. Для чтения требуется основательная подготовка.

ЧАСТЬ ПЯТАЯ

СЕНСИТОМЕТРИЯ

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

ГЛАВА I

§ 1. ЗАДАЧИ И ЗНАЧЕНИЕ СЕНСИТОМЕТРИИ

Слово сенситометрия в применении к фотографии означает измерение светочувствительности фотографических материалов. Однако буквальный смысл термина—сенситометрия в настоящее время не соответствует тем обширным задачам, которые составляют предмет этой области. Сенситометрия устанавливает зависимость между количествами света, воздействующими на светочувствительный слой, и величинами почернений, которые получают в результате этого воздействия, в связи с условиями экспонирования и последующей обработки экспонированного слоя. Изучение этой зависимости дает возможность установить ряд характерных фотографических свойств светочувствительного слоя, к которым в частности относится и светочувствительность. Не трудно видеть, что сенситометрия является одной из главных основ для разрешения тех практических задач, которые ставит себе фотография. Действительно, задачи фотографии очевидно заключается в разрешении вопроса о правильном или удовлетворяющим определенным требованиям воспроизведения фотографируемых объектов. В большинстве случаев цель фотографической съемки состоит в том, чтобы получить снимок, возможно более точно воспроизводящий оригинал. В других случаях точность или правильность воспроизведения не играет большой роли или даже бывает желательно передать снимаемый сюжет в искаженном виде, выделив одни детали и опустив другие. Но совершенно ясно, что какие бы требования не предъявлялись к фотографическому воспроизведению картин окружающего мира, знание зависимости между величинами количеств света, падающего на слой, и величинами получающихся почернений, является необходимой основой для разрешения задачи фотографирования.

Еще до возникновения сенситометрии производились фотографические материалы, обладающие различными свойствами в отношении качества фотографического воспроизведения, получаемого на них; но эти свойства, а именно светочувствительность, цветочувствительность, контрастность, широта, характеризовались только с качественной стороны, что удовлетворяло потребность практики только в первом приближении.

Значение сенситометрии заключается в том, что она на основании изучения зависимости между количественными и получающимися почернениями позволяет выразить перечисленные свойства в количес-

твенной форме. Это обстоятельство является очень важным и его подчеркивали еще основатели сенситометрии — Хертер и Дриффильд. Всякая область знания лишь постольку является точной наукой, поскольку она обладает методами точного измерения физических величин, с которыми она имеет дело и устанавливает количественные зависимости между ними, т. е. законы явлений. Возникновение и развитие сенситометрии важно потому, что она возводит и до известной степени уже возвела фотографию на уровень точной науки. Если вспомнить необыкновенно широкое применение фотографии и ее отрасли — кинематографии в науке, технике, прессе, литературе, общественной жизни и т. д. то станет понятным то значение, которое должна иметь сенситометрия.

Идеалом фотографии является возможность точного учета всех условий различных стадий фотографического процесса и свойств фотографических материалов, а также точного знания зависимости между различными факторами, определяющими результат фотографического процесса, потому что только в этом случае возможно точно предугадать получаемые результаты и действовать в соответствии с поставленными задачами.

Осуществление этого возможно только путем количественного метода сенситометрии.

Основателями сенситометрии являются Хертер и Дриффильд, которые в 1890 г. опубликовали свою классическую работу «Фотохимические исследования и новый метод определения чувствительности фотографических пластинок». С тех пор успело выйти в свет громадное количество исследований, посвященных вопросам сенситометрии, и роль последней определилась вполне.

Сенситометрическая характеристика любого фотографического материала является сейчас необходимой его принадлежностью; знание этой характеристики в производстве материалов, и в практической работе, какой бы характер она ни носила и какие бы задачи ей ни ставились, существенно важно для получения удачных результатов и для достижения экономии средств и времени.

Как упоминалось выше, величины почернений, вызываемых светом, зависят от условий обработки экспонированного слоя — т. е. главным образом от состава проявляющего раствора и условий проявления. Кроме того они могут подвергаться определенным изменениям под влиянием усиливающих и ослабляющих растворов. Сенситометрия дает количественную характеристику проявляющих растворов и растворов усилителей и ослабителей, охватывая таким образом не только вопросы съемки, но и вопросы химической обработки экспонированных материалов.

§ 2. ЭКСПОЗИЦИЯ

Первый основной вопрос, который ставится сенситометрией, есть вопрос об измерении величины экспозиции.

Экспозицией в сенситометрии называется величина, характеризующая количество световой энергии, которая падает на поверхность светочувствительного слоя в течение некоторого промежутка времени t , называемого продолжительностью экспозиции.

Нетрудно видеть, что экспозиция зависит от двух величин; от про-

должительности освещения и от интенсивности освещения или освещенности поверхности. В 1855 г. Бунзен и Роско установили закон взаимной замещимости, согласно которому химическое действие света определяется произведением интенсивности освещения и времени. Интенсивность освещения поверхности в свою очередь зависит от двух условий: от силы источника света и от расстояния от этого источника до светочувствительной поверхности. При этом предполагается, что лучи света падают перпендикулярно к освещаемой поверхности.

В действительности в используемых для сенситометрических целей приборах лучи света, падающие на поверхность, образуют с ней углы, несколько отличающиеся от прямого, но отличие это столь невелико, что им вполне можно пренебречь без заметного влияния на точность получающихся результатов.

Итак согласно только что изложенному выше

$$E = J \cdot t$$

Экспозиция Освещенность Продолжительность
экспозиции

Из приведенной формулы видно, что за единицу экспозиции следует принять экспозицию, которая получается, если время $t = 1$ и освещенность J также равняется единице. Время обычно измеряется в секундах. Что же касается освещенности, то за единицу принимается та освещенность, которая получается, если взять источник света силою равную единице на расстоянии, равном единице, причем расстояние принято выражать в метрах. Таким образом вопрос сводится к выбору единицы силы света.

Выбор единицы силы света, как и единицы для измерения какой-либо другой величины, по существу является совершенно произвольным. Силу любого источника света можно принять за единицу. Вполне понятно однако, что единица должна быть строго определенной и такой, чтобы ее можно было легко воспроизвести с достаточной точностью. Хертер и Дриффильд при своих исследованиях пользовались так называемой английской нормальной свечей, сделанной из спермацетового жира. В Германии, а затем и в других странах широкое распространение получила свеча Гефнера-Альтенка, представляющая собой стандартных размеров лампу, горючим веществом для которой является уксусноамиловый эфир. В 1909 г. была установлена в качестве стандартного источника для единицы силы света международная свеча, представляющая электрическую лампу накаливания. По отношению к этой единице сила света свечи Гефнера равна 0,90, а сила света английской свечи.—1,03.

Для сенситометрических целей важное значение имеет кроме того спектральный состав источника света. Состав световой энергии, излучаемой источником света, тесным образом связан с его температурой; кроме того он может регулироваться фильтрами, расположенными на пути лучей, исходящих от источника и идущих к экспонируемому фотографическому материалу. Чтобы получить источник света, который имел бы тот же самый спектральный состав, что и дневной свет, при котором чаще всего производится съемка, необходимо, чтобы этот источник света обладал приблизительно температурой в 5400°. Температура источника света играет весьма существенную роль, по-

тому что с изменением ее изменяется как общее количество световой энергии, излучаемой в единицу времени, так и спектральный состав или качество излучения. Если нагревать какое либо тело, например кусок металла, то при температуре около 500° он начнет испускать видимые красные лучи, т. е. лучи с большой длиной волны; при дальнейшем повышении температуры к красным лучам прибавляются лучи с более короткой длиной волны, т. е. оранжевые, желтые и т. д. и наконец синие и фиолетовые.

Параллельно с этим явлением происходит изменение и в восприятии наблюдаемого излучения, цвет которого вначале красный—постепенно меняется, становясь в конце концов белым,—когда тело накалено до белого каления. Зависимость лучеиспускания подчиняется определенным законам, а именно:

1) полное лучеиспускание, т. е. вся энергия, излучаемая нагретым телом, пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры (абсолютной называется температура, отсчитываемая от абсолютного нуля, отвечающего— 273° шкалы Цельсия);

2) увеличение лучеиспускания с повышением температуры происходит для различных волн в различной степени, а именно: с повышением температуры максимум излучения передвигается в сторону коротких волн.

Законы эти однако хорошо применимы не для всех тел, а лишь для черных тел (например,—сажи) и в меньшей степени для металлов.

Это связано с тем, что излучение тела зависит не только от его температуры, но и от свойств самого тела. Установлено, что черные тела, которые сильнее всего поглощают лучи, должны сильнее всего их испускать и следовательно с повышением температуры черные тела раскалятся, т. е. лучеиспускают сильнее, чем тела нечерные при той же температуре.

Сажа и платиновая чернь подходят близко по своим свойствам к абсолютно черному телу. Последнее можно осуществить в виде полого тела с маленьким по сравнению с общей поверхностью тела отверстием. Лучи, входящие в отверстие, поглощаются внутренней поверхностью полого тела, но обратно из отверстия они практически вовсе не выходят и само отверстие при наблюдении его кажется совершенно черным, более черным, чем например сажа. Если нагревать такое тело, то его внутренняя поверхность будет лучеиспускать как абсолютно черное тело, т. е. обладать максимумом лучеиспускания при данной температуре. Черное тело является очень удобным стандартом для характеристики состава излучения. При известной температуре состав излучения черного тела может быть вычислен на основании так называемого закона Вина Планка и является вполне определенным.

Было найдено, что состав излучения, испускаемого каким-либо (не абсолютно черным) телом, при некоторой температуре можно приравнять к излучению, испускаемому абсолютно черным телом при несколько иной температуре. Эта последняя температура и называется цветовой температурой. Таким образом цветовая температура какого-либо источника света есть температура абсолютно черного тела, при которой его лучеиспускание по своему цвету идентично с лучеиспусканием нашего источника света.

Выяснив вкратце законы лучеиспускания, посмотрим, какое значение они имеют в применении к сенситометрии. Прежде всего ясно, что температура источника света играет большую роль, потому что с ней связано не только общее количество излучаемой энергии, но и ее спектральный состав. Желательнее всего было бы иметь источник света с температурой, равной температуре солнца, т. е. пользоваться излучением того же состава, что и состав излучения солнечного света. Но так как достижение такой высокой температуры невозможно, применяются источники света более низкой температуры. Однако при этом в излучении, испускаемом источником света, будут преобладать лучи с более длинными волнами.

Чтобы избежать этого нежелательного обстоятельства и привести спектральный состав источника света в большее соответствие с условиями обычной фотографической съемки при дневном солнечном освещении, пользуются светофильтрами, указанными ниже. При этом получается достаточно точное совпадение качества сенситометрического источника света, скомбинированного со светофильтром, и нормального полуденного солнечного света. Температура источника света определяется как цветовая температура, т. е. как температура абсолютно черного тела, при которой последнее давало бы излучение тождественное по качеству с излучением нашего источника света.

Таким образом дается вполне точная спецификация источника света используемого для сенситометрических целей.

На VII международном фотографическом конгрессе было постановлено принять за единицу силы света для исследования негативных материалов силу света определенной вакуумной вольфрамовой лампы одну международную свечу, при цветовой температуре 2360° в соединении с поглощающим фильтром, состоящим из двух растворов, помещенных в сосуде, имеющем продольную перегородку. Толщина каждого слоя равна 1 см. Сосуд сделан из боросиликатного стекла с показателем преломления 1,51. Состав растворов следующий:

Раствор А

Сернистой меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	3,71 г
Манит $\text{O}_2\text{H}_2(\text{OH})_6$	3,71 "
Пиридин $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	30,0 см ³
Воды дистиллированной до	1 000,0 "

Раствор В

Двойная сернистая соль кобальта ¹ и аммония $\text{CoSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	23,83 г
Сернистой меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	27,18 "
Серной кислоты уд. в. 1,835	10,0 см ³
Воды до	1 000,0 "

¹ Установив единицу силы света, нетрудно установить и единицу экспозиции.

Интенсивность освещения поверхности очевидно равна единице в том случае, если поверхность находится на расстоянии 1 м от источника света, сила которого равна 1 свече. Единица освещенности таким образом есть метро-свеча или люкс, и всякая освещенность выражается некоторым числом метро-свечей.

За единицу экспозиции принимается секундо-метро-свеча, т. е. та экспозиция, которая получится, если поверхность

¹ Позднее было решено заменить двойную сернистую соль кобальта и аммония сернистым кобальтом в количестве 19,08 г.

освещена с силой одной метро-свечи в продолжение одной секунды. Обозначения: единица экспозиции обозначается CMS, если за единицу силы света принимается международная свеча, IHMS, если берется свеча Гейнера. Зная силу света источника, расстояние от него до поверхности испытуемого материала и продолжительность экспозиции, всегда можем вычислить величину экспозиции, пользуясь тем, что освещенность пропорциональна силе источника света и обратно пропорциональна квадрату расстояния, а экспозиция пропорциональна освещенности и продолжительности экспозиции. Так, при силе источника света в 4 свечи, при расстоянии 2 м и при продолжительности экспозиции 10 сек. экспозиция будет равна 10 секундо-метро-свечам.

§ 3. ПРИНЦИП УСТРОЙСТВА СЕНСИТОМЕТРОВ. СЕНСИТОМЕТР ХЕРТЕРА И ДРИФФИЛЬДА

Для того, чтобы изучить свойства светочувствительного фотографического слоя, необходимо сообщить различным участкам его разные, точно известные экспозиции, и затем измерить получившиеся соответствующие почернения. Первое делается при помощи приборов, называемых сенситометрами, второе при помощи приборов, называемых фотометрами или денситометрами.

Существует два типа сенситометров. В одних сенситометрах изменяется величина t , величина же J для различных участков испытуемого светочувствительного слоя остается постоянной; таким образом разные участки светочувствительного слоя получают освещение одинаковой яркости, но в течение различных промежутков времени. Такие сенситометры представляют приборы со шкалой времени. Наоборот, если время одинаково для всех участков испытуемого слоя, но освещенность их различна, то имеем приборы второго типа—со шкалой интенсивности.

Сенситометр Хертера и Дриффильда имеет шкалу времени. Устройство прибора и работа с ним состоит в следующем.

Существенную часть прибора составляет так называемый диск экспозиций, изображенный схематически на рис. 162. Общий вид этого диска представлен на рис. 163. Этот диск имеет ступенчатый вырез. Каждая ступень выреза, измеряемая в градусах центрального угла, вдвое меньше предыдущей. Первая из них по конструктивным причинам состоит из двух отдельных частей, по 90° каждая, т. е. в общем имеет угловые размеры в 180°. Затем идет вторая ступень в 90°, равная по своим угловым размерам половине первой ступени и потому образующая с ней в месте более широкую полосу выреза. Далее имеется еще 7 ступеней, последовательно уменьшающихся вдвое с угловыми размерами—45°, 22,5°, 11,25°, 5,625°, 2,812°, 1,406 и 0,703°.

Диск может вращаться с равномерной скоростью. За диском помещается испытуемый светочувствительный материал в кассете, перед диском—источник света.

Представим себе, что поверхность светочувствительного материала подверглась воздействию света в течение определенного промежутка времени, начиная с начального момента вращения диска и до конца. Пусть диск вращается в течение 80 сек. с равномерную скоростью,

причем источник света силою в одну свечу находится от светочувствительного слоя на расстоянии 1 м.

Если бы в круге имелся полный вырез в виде кольца (угол 360°), то участок светочувствительного слоя, находящийся против такого выреза все время был бы открыт для света и исходящего от источника, т. е. он получил бы экспозицию в 80 секундо-метр-свечей.

Так как наша первая ступень ступенчатого выреза составляет половину полного выреза, то ясно, что продолжительность экспозиции слоя, находящегося за нею, будет равна половине продолжительности того времени, в течение которого вращается диск перед действующим источником света т. е., 40 сек. В течение каждого полного оборота диска каждая точка поверхности, расположенной за диском, будет открыта в течение половины оборота (когда над точкой проходит ступень выреза) и будет закрыта в течение другой половины оборота.

Итак первой части выреза будет соответствовать продолжительность экспозиции $\frac{80}{2} = 40$ сек., или экспозиция 40 секундо-метр-свечей; для следующих частей экспозиция будет равна соответственно 20, 10, 5, 2, 5, 25, 0,625, 0,312 и 0,156 секундо-метр-свечам.

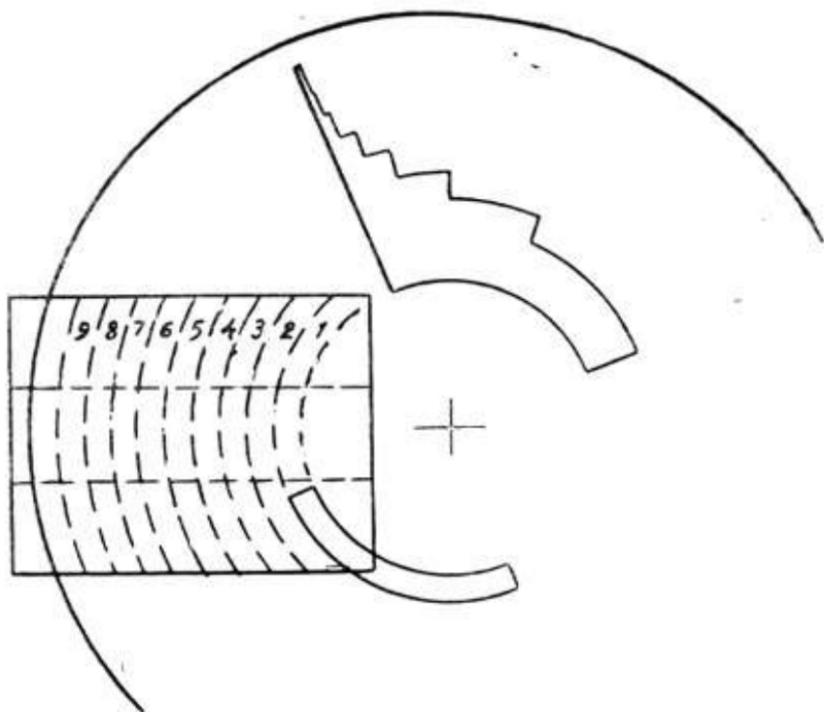
Если после экспозиции проявить пластинку, то получим так называемую сенситограмму, или ступеньчатый (градационный) негатив, состоящий из 9 полей, почернения которых будут различны в зависимости от величины полученной экспозиции.

№ Поля	Центральный угол, выраженный в градусах	Продолжительность экспозиции примерная (в секундах)	Экспозиция в CMS
1	180	80	40
2	90	40	20
3	45	20	10
4	22,5	10	5
5	11,25	5	2,5
6	5,62	2,5	1,25
7	2,81	1,25	0,625
8	1,4	0,63	0,312
9	0,7	0,31	0,156

§ 4. ВЛИЯНИЕ ПРЕРЫВИСТОСТИ ЭКСПОЗИЦИИ

При использовании для получения ряда экспозиций, вращающегося диска со ступеньчатым вырезом возможны два случая: диск или вращается быстро, и требуемые экспозиции получаются в результате многих оборотов диска, или же медленно, так что эти экспозиции получаются за время одного оборота. В первом случае, осуществленном в сенситометре Хертера и Дриффильда, каждый участок светочувствительного слоя получает экспозицию, которая в сущности состоит из многих экспозиций, во втором же случае каждый участок получает одну непрерывную экспозицию. Хотя, при соблюдении нужных условий сумма ряда экспозиций $J_1 + J_2 + \dots + J_n$ может быть равна

непрерывной экспозиции JT , где $t_1 + t_2 + \dots + t_n = T$, но фотографический эффект в этих двух случаях не вполне одинаков. Обычно прерывистая экспозиция дает меньший эффект, чем непрерывная экспозиция той же величины, определяемой произведением интенсивности на время. Влияние, оказываемое прерывистостью экспозиции на получаемые в результате экспонирования результаты, называются эффектом прерывистости.



162. Схема диска экспозиций сенситометра Хертера и Дриффильда.

Ввиду того, что прерывистое освещение в различной степени сказывается на различных светочувствительных слоях, невозможно посредством сенситометра с прерывистым освещением получать согласованные, сравнимые между собой результаты. Однако во многих случаях, где не требуется особенно большой точности, ошибкой, связанной с прерывистостью освещения, можно пренебречь, потому что она относительно невелика. Чтобы по возможности уменьшить эту ошибку, рекомендуется, чтобы число оборотов диска экспозиции в минуту было не больше 100. В случаях, где потребуются наибольшая точность, применяются сконструированные в последние годы сенситометры с непрерывным освещением, причем требуемые экспозиции получаются в течение одного оборота диска. Употребление этих приборов ограничивается пока их сложностью и дороговизной.

§ 5. КЛИН ГОЛЬДБЕРГА

Клин Гольдберга представляет собой прибор, посредством которого получают экспозиции по шкале интенсивности. Он состоит из

тонкого листка желатины в форме клина, заключенного между двумя стеклянными пластинками (рис. 164). Желатина окрашена в серый цвет тем или иным красящим веществом, которое находится в ней в мелко раздробленном состоянии и распределено равномерно;

обычно используется в качестве красящего вещества сажа (мелко раздробленный уголь) или серебро; большое значение имеют свойства красящего вещества, потому что клин должен иметь по возможности совершенную нейтрально-серую окраску¹.

Так как толщина клина изменяется от одного продольного края его к



163. Диск экспозиций Хертера и Дриффильда.



164. Схема клина Гольдберга.

другому, то ясно, что при рассматривании его на просвет прозрачность клина будет постепенно и непрерывно изменяться в этом направлении. Для всех точек какой-либо линии, параллельной краям клина, прозрачность будет совершенно одинакова. При переходе же от одной линии к другой она будет изменяться. Быстрота изменения прозрачности клина очевидно зависит от величины того угла, под которым пересекаются грани клина.

Величина измерения плотности клина на протяжении 1 см называется константой клина. Если экспонировать помещенный под клином материал, то после проявления получим копию или отпечаток клина, представленный на рис. 165. Из рассмотрения ее мы видим, что степень почернения непрерывно убывает от одного края к другому. Зная степень непрозрачности клина для любой линии, параллельной краям клина, можно определить и величины со



165. Отпечаток клина Гольдберга.

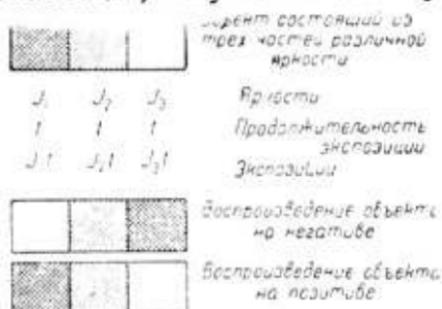
¹ Техника изготовления клина описана в книжке „Построение фотографического изображения“, проф. Е. Гольдберга перев. с немецкого К. А. Колосова, под ред. проф. Рабиновича.

ответствующих экспозиций, которые непрерывно уменьшаются в направлении увеличения толщины клина.

Клин Гольдберга нашел очень широкое применение при решении различных сенситометрических задач. Главным недостатком метода, использующего серый клин, является трудность получения строго оптически-нейтрального клина.

§ 6. ЭКСПОЗИЦИЯ ПРИ ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ. ПОНЯТИЕ ОБ ИНТЕРВАЛЕ ЯРКОСТЕЙ (ШИРОТЕ) ОБЪЕКТА

В практической фотографии, когда говорят об экспозиции и о ее величине, обычно имеют в виду продолжительность экспозиции, но когда вопрос фотографической съемки рассматривается с сенситометрической точки зрения, термин экспозиция употребляется всегда в смысле произведения интенсивности освещения светочувствительной поверхности и его продолжительности Jt ; ясно, что хотя при любом процессе съемки продолжительность экспозиции есть величина одинаковая для всех участков фотографической пластинки, потому что все они освещены,—пока открыт объектив—одно и то же время, экспозиции, получаемые этими участками, неодинаковы.



166. Схема фотографического воспроизведения объекта, состоящего из трех участков различной яркости.

Таким образом при обычном фотографировании мы имеем шкалу интенсивности. Сказанное иллюстрируется наглядно на рис. 166.

Введем здесь одно чрезвычайно важное понятие. Пусть максимальная яркость в сюжете съемки, т. е. яркость наиболее яркого участка равняется J_{\max} , а минимальная яркость в сюжете, т. е. яркость наименее яркого (самого темного) участка равняется J_{\min} .

Тогда соотношение $\frac{J_{\max}}{J_{\min}}$ характеризует контрастность сюжета.

Так например, если максимальная яркость в 100 раз больше минимальной, то контрастность сюжета (или отношение максимальной яркости к минимальной) равна 100. В дальнейшем мы увидим, что в сенситометрии очень часто пользуются вместо самой величины ее логарифмом. Так именно поступают и в рассматриваемом случае. Вместо

отношения $\frac{J_{\max}}{J_{\min}}$ берут $\lg \frac{J_{\max}}{J_{\min}}$.

$$\text{Величина } \lg \frac{I_{\text{макс}}}{I_{\text{мин}}} = \lg J_{\text{макс}} - \lg J_{\text{мин}}$$

называется интервалом яркостей объекта или короче интервалом объекта или ширитой объекта. Переход от соотношения предельных яркостей $\frac{I_{\text{макс}}}{I_{\text{мин}}}$ к логарифму этой величины так же, как и обратный переход не представляет затруднений.

Изложенные понятия об экспозиции применительно к случаю фотографической съемки любого сюжета и об интервале яркостей или широте объекта являются крайне важными для понимания дальнейшего изложения.

§ 7. СТЕПЕНЬ ПОЧЕРНЕНИЯ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО СЛОЯ. ПРОЗРАЧНОСТЬ. НЕПРОЗРАЧНОСТЬ. ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ

В результате экспозиции и последующего проявления фотографический слой чернеет в большей или меньшей степени, в зависимости от величины экспозиции. В дальнейшем изложении мы будем иметь в виду негативное изображение. Сенситометрия позитивного процесса будет рассмотрена отдельно, хотя следует иметь в виду, что общие основные понятия и методы применимы и к негативному и к позитивному изображению.

Степень почернения можно охарактеризовать различным образом. Пусть интенсивность падающего на фотографический свет слой равна I_0 , а интенсивность выходящего равна I . Величина

$$T = \frac{I}{I_0}$$

называется прозрачностью. Она может быть представлена в виде правильной дроби с числителем, равным единице:

$$T = \frac{I}{I_0} = \frac{1}{I_0 : I} = \frac{1}{n}.$$

Величина прозрачности показывает, какая часть падающего света проходит через слой. Так например если $J_0 = 10$, а $J = 1$, то $\frac{I}{I_0} = \frac{1}{10}$, т. е. интенсивность выходящего света составляет $\frac{1}{10}$ интенсивности падающего.

Величина обратная прозрачности, $\frac{1}{T}$ обозначается буквой O и называется непрозрачностью.

Согласно нашему определению

$$O = \frac{1}{T} = \frac{I_0}{I} = n,$$

т. е. непрозрачность выражается отношением интенсивности света, падающего на слой, к интенсивности света, выходящего из слоя.

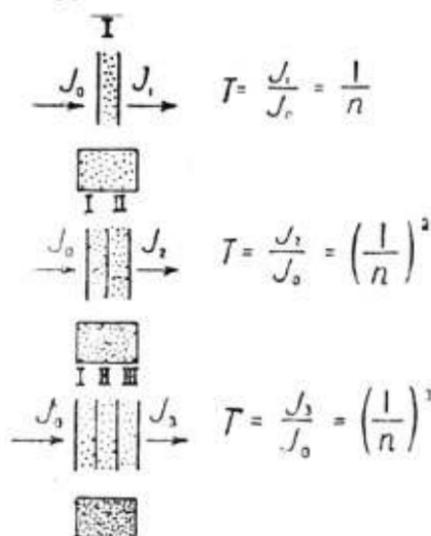
Наконец степень почернения можно охарактеризовать его оптической плотностью, которая определяется количеством восстановленного под действием света металлического серебра. Можно однако выражать плотность не в весовых количествах металлического серебра (напр. миллиграммах), содержащегося в единице поверхности слоя, а принять плотность слоя, содержащего какое-нибудь вполне определенное количество серебра на единицу поверхности, например на квадратный дм, равной 1, тогда плотность слоя, содержащего на той же единице поверхности вдвое большее количество серебра, будет равна 2 и т. д.

§ 8. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ПЛОТНОСТЬЮ И НЕПРОЗРАЧНОСТЬЮ

Обыкновенно плотность выражают не в весовых единицах металлического серебра, содержащегося на единицу поверхности, а определяют ее через непрозрачность, потому что экспериментально измерять непрозрачность несравненно легче, чем количество серебра.

За единицу плотности принимают плотность такого слоя экспонированной и проявленной эмульсии, прозрачность которого равна

$\frac{1}{10}$, а следовательно непрозрачность равна 10.



Между плотностью и непрозрачностью существуют простые соотношения, которые позволяют легко переходить от одной из этих величин к другой.

На фиг. 167 представлен слой, содержащий зерна металлического серебра, препятствующие прохождению света через слой, т. е. поглощающие свет. Пусть прозрачность слоя $I = \frac{1}{10}$, т. е. если I_0 —интенсивность падающего света, а I_1 —интенсивность выходящего света, то

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{1}{n} = \frac{1}{10}. \quad (1)$$

Предположим теперь, что количество восстановленного серебра вдвое больше, т. е. что за первым слоем серебра следует такой же второй слой (II). Следовательно плотность слоя увеличилась вдвое, т. е. она равна 2. Интенсивность света, падающего на этот слой по предыдущему, будет I_1 , интенсивность же выходящего света обозначим через I_2 , тогда

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{n} = \frac{1}{10}. \quad (2)$$

Перемножив первое равенство на второе, получим

$$\frac{I_1}{I_0} \cdot \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{1}{n}\right)^2 = \frac{1}{100}; \text{ отсюда } \frac{I_2}{I_0} = \frac{1}{100}.$$

Смысл полученного результата ясен: первый слой пропускает $\frac{1}{10}$ света, второй $\frac{1}{10}$ того света, который прошел через первый слой, т. е. $\frac{1}{10}$ от $\frac{1}{10}$, следовательно $\frac{1}{100}$ света, падающего на первый слой. Таким образом, уменьшению прозрачности в квадрате ее первоначального значения соответствует увеличение плотности вдвое.

Совершенно подобным образом можно представить себе третий слой (III), для которого опять имеет место соотношение

$$\frac{I_3}{I_2} = \frac{1}{10},$$

где I_2 интенсивность света, падающего на слой, а I_3 интенсивность света, выходящего из слоя. Перемножив полученное равенство на предыдущее, получим

$$\frac{I_2}{I_0} \cdot \frac{I_3}{I_2} = \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{10}, \text{ откуда } \frac{I_3}{I_0} = \frac{1}{1000}.$$

Таким образом, если прозрачность уменьшается в третьей степени своего первоначального значения, то плотность возрастает втрое. Сопоставив значения плотности, прозрачности и непрозрачности соответствующие друг другу, получим:

Плотность (D)	1	2	3	...	n
Прозрачность (T)	1	1	1	...	1
Непрозрачность (O)	10	$10^2 = 100$	$10^3 = 1000$...	единица с n нулями 10^n

Из этой таблицы мы видим, что плотность равняется логарифму непрозрачности при основании 10, при условии, что за единицу плотности принимается плотность слоя, прозрачность которого равна $\frac{1}{10}$, а следовательно непрозрачность равна 10.

Таким образом

$$D = \lg O$$

Плотность = логарифм непрозрачности

В сенситометрии степень почернения, полученная слоем, обычно и выражается в значениях плотности или логарифмах непрозрачности, причем единица плотности определяется произвольно как плотность слоя с непрозрачностью равной 10. Как уже упоминалось, плотность тесным образом связана с количеством восстановленного серебра на единице поверхности и может выражаться в весовых единицах, но в таком способе выражения нет практической необходимости. Зависимость между количеством серебра и плотностью выражается уравнением:

$$M = p \cdot D,$$

где M — количество серебра на поверхности в 100 см^2 (1 кв. дец), D — плотность и p — некоторая постоянная величина, называемая

фотометрической константой: экспериментальные исследования показали, что $p = 0,0103$, следовательно $M = 0,0103 \cdot D$.

На основании этого соотношения можно найти вес серебра на единице поверхности посредством измерения плотности.

Дальнейшие исследования обнаружили однако, что фотометрическая константа, т. е. количество серебра на единице поверхности, дающее плотность, равную единице, постоянна только при определенных условиях и изменяется в зависимости от свойств эмульсии, величины экспозиции и условий проявления. Так, Эдер нашел, что для мокрых коллоидных эмульсий фотометрическая константа равна 0,007 г. Он доказал также, что если получить тонкий слой металлического серебра путем серебрения, то такой слой имеет константу $p = 0,0026$ г. Эти исследования определенно выяснили, что величина фотометрической константы в сильной степени зависит от степени дисперсности серебра. Одна и та же плотность, например равная единице, получается при количестве серебра (на единицу поверхности) тем меньшем, чем мельче раздроблено серебро и следовательно одно и то же количество серебра на единице поверхности слоя имеет тем большую оптическую плотность, чем мельче оно раздроблено. Мездингер нашел, исследуя значения фотометрической константы крупнозернистой, мелкозернистой и чрезвычайно мелкозернистой эмульсий, что у первой фотометрическая константа равна 0,018, у второй—0,010 и у третьей—0,009 г.

Величина, обратная фотометрической константе $E = \frac{1}{p}$, называется кроющей способностью эмульсии. Чем меньше p , т. е. чем меньшее количество серебра необходимо для получения плотности, равной единице, тем больше кроющая способность. Величина кроющей способности имеет большое значение в теории проявления.

§ 9. СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ШКАЛОЙ ВРЕМЕНИ И ШКАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ. КОНСТАНТА ШВАРЦШИЛЬДА

Согласно закону Бунзена и Роско, называемому законом взаимной заместимости, химическое действие, производимое светом,— фотохимический эффект, определяется произведением $I \cdot t$ — интенсивность освещения на время. Согласно этому закону равным произведениям $I_1 t_1 = I_2 t_2 = \dots = I_n t_n$ отвечают совершенно одинаковые результаты в отношении количества прореагировавших веществ. Если предположить, что закон Бунзена и Роско справедлив в отношении фотографических эмульсий, то если сообщить эмульсии ряд экспозиций по шкале времени $I t_1 = E$, $I t_2 = E_2$, $I t_3 = E_3$ и т. д. и ряд экспозиций по шкале интенсивности $I_1 t = E_1$, $I_2 t = E_2$, $I_3 t = E_3$ и т. д., то мы должны получить в обоих случаях соответственно равные почернения. Однако исследования показали, что в действительности наблюдаются отклонения от этого закона. В 1881 г. Янсен установил при фотографировании звезд, что в случае освещения очень малой интенсивности получающиеся почернения меньше тех, которые следует ожидать по закону Бунзена и Роско. Таким образом между шкалой времени и шкалой интенсивности не существует того простого соотношения, которое должно было бы вытекать из

закона Бунзена и Роско. Отклонения от закона Бунзена и Роско в отношении фотографических эмульсий было исследовано астрономом Шварцшильдом. Он доказал, что эффект действия света на фотографическую эмульсию выражается произведением $I \cdot t^p$. Величина p обычно меньше единицы, в частном же случае, когда $p=1$, формула принимает свой прежний вид $I \cdot t$, т. е. соответствует закону Бунзена и Роско. Величина p называется константой Шварцшильда.

Величина константы Шварцшильда может быть определена следующим образом. Если одна и та же плотность получилась в одном случае при освещенности I_1 и времени t_1 , а во втором случае при освещенности I_2 и времени t_2 , то произведение $I_1 t_1$ не равно произведению $I_2 t_2$, но имеет место равенство

$$I_1 t_1^p = I_2 t_2^p \text{ или } \frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^p,$$

откуда константа Шварцшильда

$$p = \frac{\lg I_1 - \lg I_2}{\lg t_2 - \lg t_1}.$$

Зная из условий сенситометрического испытания величины интенсивности освещения I_1 и I_2 и величины продолжительности t_1 и t_2 двух экспозиций, давших одинаковое почернение, легко вычислить константу Шварцшильда.

Дальнейшие исследования показали, что p не является строго постоянной и следовательно соотношение между шкалой интенсивности и шкалой времени также непостоянно. Величина p изменяется в зависимости от природы эмульсии, интенсивности освещения и его спектрального состава. Нижеследующая табличка, представляющая данные, полученные Джонсоном и Хьюзом, показывает пределы изменения величины p в зависимости от колебания интенсивности освещения для различных эмульсий.

Сорта эмульсий.	Пределы изменения	Интенсивность освещения (в относит. едн.)
Высокочувствительная	0,88—1,15	1— 250.000
Средней чувствительности . .	0,63—1,07	1— 500 000
Кино-позитивная эмульсия . .	0,68—1,00	1— 33 000

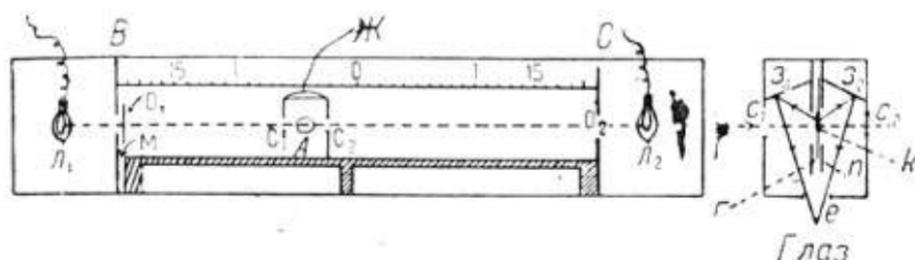
§ 10. ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТЕЙ

После того как испытуемый материал экспонирован в сенситометре и проявлен, необходимо измерить полученные почернения. Приборы, служащие для измерения степени почернения или величины плотности называются фотометрами или денситометрами. В настоящее время существует несколько типов таких приборов, основанных на различных принципах. Мы ограничимся описанием только двух наиболее простых.

Фотометр Хертера и Дриффильда

Хертер и Дриффильд в своих исследованиях пользовались фотометром типа Бунзена. Прибор (фиг. 168) состоит из двух ящиков, в

которых помещаются лампы L_1 и L_2 . Между ними находится скамья, вдоль которой движется главная часть фотометра—коробка A , положение которой можно точно определять по шкале BC . В ящиках, где находятся лампы, имеются отверстия O_1 и O_2 , расположенные на прямой, соединяющей центры ламп, и параллельной скамье. Отверстия закрыты матовыми стеклами. Отверстия окошечек можно уменьшать посредством „масок“. На той же прямой O_1O_2 расположены окошечки C_1 и C_2 . К окошечку O_1 прижимается испытуемый негатив. Коробка A , показанная отдельно на рисунке в плане, имеет двойную перегородку, в которую вставляется листок белой бумаги G с пятном K , сделанным парафином. Z_1 и Z_2 —зеркала, по-

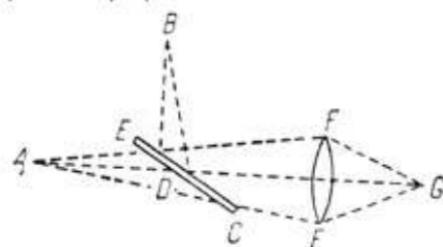


168. Схема фотометра Хертера и Дриффильда.

ставленные под таким углом, что лучи, идущие от источников света и отраженные бумагой, попадают после отражения от зеркал в глаз наблюдателя. В случае, если с обеих сторон пятно освещено одинаково, оно не будет видно. Коробка A передвигается поэтому до тех пор, пока пятно не исчезнет. После этого к окошечку O_2 прикладывается негатив, и коробка снова передвигается до момента исчезновения пятна. Замечая положение коробки A , нетрудно по закону обратных квадратов вычислить соотношение яркости света, непосредственно падающего из лампы, и света, прошедшего через негатив. Отсюда уже нетрудно вычислить степень непрозрачности, а следовательно и плотность данного места негатива.

Денситометр-фильмограф

Одним из простых приборов, пригодным для работ, в которых не требуется большой точности, является так называемый денситометр-фильмограф Л. Лобеля. В качестве источника света служат две лампы A и B (см. фиг. 169). Световые лучи падают на стеклянную пластинку, одна половина которой посеребрена, другая прозрачна.

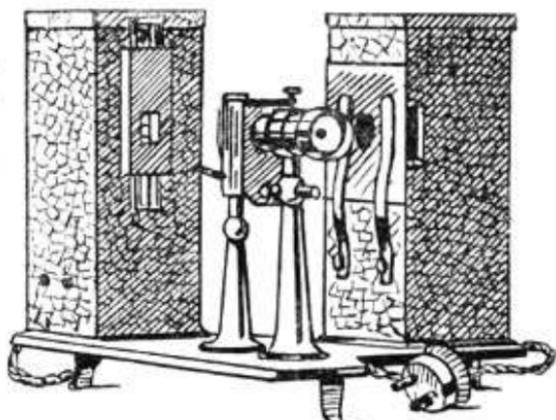


169. Схема, поясняющая ход лучей в денситометре Лобеля.

Лучи света, идущие из A , проходят через стекло, а лучи света, идущие из B , отражаются серебряным слоем. Глаз наблюдателя, помещенный в точке G , видит собирающую линзу полностью освещенной. Понятно, что поле зрения будет освещенным равномерно или

же неодинаково в зависимости от яркости освещения обеих половин поля. Если на пути лучей, идущих из *A*, установить серый клин, а на пути лучей, идущих из *B*, — негатив, то яркость обеих половин полей, вообще говоря, будет различна. Передвигая серый клин, можно добиться уравнивания яркостей обеих частей поля. В этот момент плотность данного места негатива очевидно равна плотности того места клина, которое находится на пути лучей. Клин снабжен шкалой, позволяющей отсчитывать плотность. Общий вид денситометра представлен на рис. 170. Лампы помещаются в двух ящиках с отверстием. Между ними находится зеркало, перед которым расположена оптическая система для наблюдения. У отверстия правого ящика посредством пружины закрепляется негатив. Место негатива, подлежащее измерению, устанавливается как раз против отверстия. Перед отверстием левого ящика расположен серый клин, передвигая который уравнивают яркость обеих частей поля зрения.

Очень полезный прибор для измерения плотностей был построен Гольдбергом. Это так называемый денсограф. Как показывает само название прибора, плотности здесь регистрируются полуавтоматически. В денситометре клин соединен со столиком, на который кладется лист бумаги. При каждом положении клина, когда достигнуто равенство плотностей исследуемой части негатива и данного места клина, особый штифт отмечает на бумаге точку, положение которой указывает величину плотности для соответствующей экспозиции. Наметив таким образом ряд точек, остается затем только провести через них характеристическую кривую. Этим достигается большая экономия времени.



170. Общий вид денситометра Лобеля.

Среди других многочисленных видов денситометров в последнее время сконструированы такие инструменты, в которых сравнение яркостей двух частей фотометрического поля производится не визуально, т. е. не при помощи глаза, а посредством другого светочувствительного элемента, например селенового элемента, фотоэлектрического элемента, термоэлемента и т. д.

§ 11. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ЭКСПОЗИЦИЕЙ И ПОЧЕРНЕНИЕМ. ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКАЯ КРИВАЯ ХЕРТЕРА И ДРИФФИЛЬДА

Основная задача сенситометрии заключается в выяснении зависимости между величиной экспозиции и степенью почернения, получающегося в результате экспозиции и последующего проявления.

Для различных светочувствительных слоев степень почернения при одинаковой экспозиции, вообще говоря, различна, но в целом харак-

тер зависимости между почернением и экспозицией, т. е. характер изменения величины почернения с изменением экспозиции для различных эмульсий одинаков; на выяснении этой зависимости мы и должны сейчас остановиться. Рассмотрение приводимой ниже таблицы показывает следующее. Если экспозиции последовательно возрастают вдвое, т. е. если логарифм экспозиции последовательно увеличивается на 0,3 ($\lg 2 = 0,3$), следовательно возрастает равномерно, то плотность все время увеличивается. Однако это увеличение неравномерное. Сначала, как видно из четвертого столбца таблицы, плотность увеличивается медленно; эта область называется областью недодержек; затем приращение плотности становится постоянным: плотность на протяжении некоторого интервала возрастает на 0,25 при возрастании логарифма экспозиции на 0,3; в этом интервале изменения экспозиций плотность возрастает равномерно; эта область называется областью нормальных экспозиций; наконец при дальнейшем увеличении логарифма экспозиции на 0,3 скорость возрастания плотности уменьшается; плотность увеличивается уже не на 0,25, а на 0,20, затем на 0,15 и т. д., т. е. при тех же самых приращениях логарифма экспозиции (равных 0,3) приращение плотности постепенно становится меньше; эту область передержек.

Экспозиции	Логарифмы экспозиции	Плотности	Приращение плотности	
1	0,0	0,05	—	
2	0,3	0,1	0,55	
4	0,6	0,2	0,1	Область недодержек
8	0,9	0,3	0,1	
16	1,2	0,45	0,15	
32	1,5	0,15	0,20	
64	1,8	0,90	0,25	
128	2,1	1,16	0,25	
256	2,4	1,40	0,25	
512	2,7	1,65	0,25	
1 024	3,0	1,90	0,25	
2 048	3,3	2,65	0,25	
4 096	3,6	2,35	0,20	Область передержек
8 192	3,9	2,50	0,15	
16 384	4,2	2,60	0,10	
32 768	4,5	2,65	0,06	

Итак закон изменения плотности в зависимости от экспозиции в общем заключается в следующем: если логарифм экспозиции все время получает одинаковые приращения, например 0,3, то, сначала приращения плотности постепенно увеличиваются (область недодержек), затем приращение плотности остается некоторое время постоянным (область нормальных экспозиций) и после этого приращения плотности уменьшаются (область передержек). Из сказанного ясно, что всего быстрее плотность возрастает в области нормальных экспозиций.

Хергер и Дриффильд представили зависимость между экспозицией и почернением графически в форме некоторой кривой линии, так

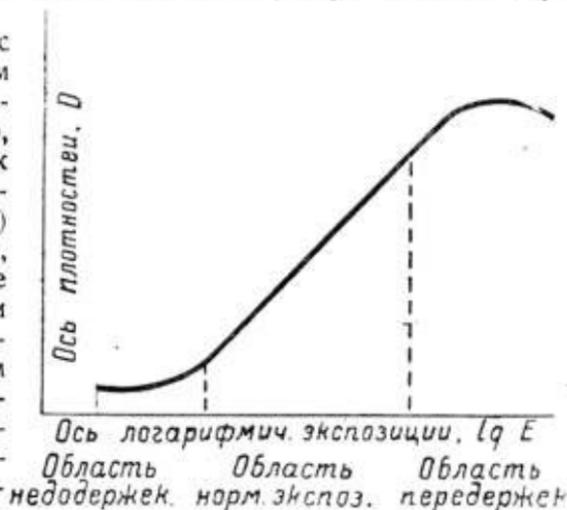
называемой характеристической кривой (рис. 171). Этот способ стал общепринятым, и на нем мы остановимся сейчас более подробно.

На горизонтальной оси откладываются логарифмы экспозиций, на вертикальной—логарифмы непрозрачностей, т. е. плотности. Первая ось сокращенно обозначается— $\lg E$, вторая—ось плотностей, D .

Соответственно только что изложенному закону, определяющему зависимость между экспозицией и почернением, в характеристической кривой можно различать три части: нижнюю, обращенную выпуклостью вниз,—соответствующую области недодержек, среднюю—прямолинейный участок характеристической кривой, соответствующую области нормальных экспозиций, наконец верхнюю часть, обращенную выпуклостью вверх, соответствующую области передержек¹.

Читателю, знакомому с вопросом о графическом способе выражения функциональной зависимости, ясно, что в области недодержек равным приращениям логарифма экспозиции ($\Delta \lg E$) соответствуют неравные, постепенно возрастающие приращения плотности (ΔD); в области нормальных экспозиций равным (таким же, как и раньше) приращениям логарифмов экспозиций соответствуют равные (между собой) приращения плотности, при том большие, чем в области недодержек; наконец в области передержек равным (таким же, как и раньше) приращениям $\Delta \lg E$ соответствуют не равные, меньшие, чем в области нормальных экспозиций постепенно уменьшающиеся приращения плотности.

Чтобы еще более пояснить читателям, недостаточно знакомым с математикой, изложенную выше зависимость, приводим график (см. рис. 172), на котором возрастание плотности с возрастанием экспозиции представлены в виде лесенки. В области недодержек ступеньки (приращения плотности) сначала низкие, причем постепенно они делают выше; в области нормальных экспозиций высота всех ступенек одинакова, причем ступеньки выше чем в области недодержек; наконец в области передержек ступеньки опять становятся постепенно все меньше и меньше. Ширина ступенек везде одинакова, поскольку приращение логарифма экспозиции при опыте везде берется



171. Характеристическая кривая Хертера и Дриффильда.

¹ За область передержек идет область так называемой соляризации; кривая в этом месте, после максимума своего подъема, опускается вниз; в этой области таким образом дальнейшее увеличение экспозиции сопровождается не увеличением, а уменьшением плотности. За недостатком места мы не останавливаемся здесь более подробно на этом вопросе.

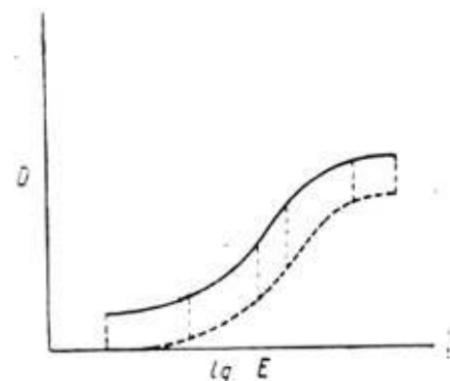
одинаковым, т. е. самая экспозиция последовательно возрастает все время вдвое. Если вершины ступенек соединить плавной кривой, то получится характеристическая кривая.



172. Схема, поясняющая зависимость между величинами приращений логарифмов экспозиций и величинами приращений плотности.

§ 12 ВЛИЯНИЕ ВУАЛИ

Почернение фотографического слоя обуславливается не только действием экспозиции, но и образованием вуали, величину которой желательно бывает учитывать при решении некоторых сенситометрических вопросов. Вуаль, образуемая при проявлении скрытого изображения и заключающаяся в восстановлении бромистого серебра зерен эмульсии, не подвергнувшихся действию света, представляет



173. Вычитание плотности вуали по методу Хертера и Дриффильда.

собой очень сложное явление и может образоваться в результате многих причин. Простейший, но лишь приблизительный способ учета вуали состоит в следующем. При определении плотностей различных полей сенситограммы измеряется также плотность неэкспонированного участка. Если предположить, что во всех частях негатива величина вуали одинакова, то нужно только вычесть из измеренных плотностей плотность вуали. Из рис. 173 видно, что геометрически вычитание вуали будет означать уменьшение ординат всех точек

характеристической кривой на одну и ту же величину. В результате этого вся характеристическая кривая переместится вертикально вниз на величину отрезка, равного плотности вуали. Указанный способ применялся Хертером и Дриффильдом, но еще первый указывал на то, что данный способ является лишь приблизительным, так как величина вуали

неодинакова в участках различных плотностей. Исследования Нитца подтвердили, что вуаль в области низких плотностей значительно больше, чем в области высоких плотностей. Это согласуется с тем фактом, что при достаточно продолжительном проявлении плотность возрастает гораздо быстрее в менее плотных частях изображения. Таким образом вычитание одинакового значения плотности для вуали из всех величин плотностей полученного изображения может привести к значительным ошибкам. Мейдингер, а затем Вильсей дали формулы поправки на вуаль, пользуясь которыми можно учитывать влияние вуали более точно.

ГЛАВА II

ФАКТОР ПРОЯВЛЕНИЯ (ГАММА)

§ 13. КОНТРАСТНОСТЬ. ПОНЯТИЕ О ФАКТОРЕ ПРОЯВЛЕНИЯ (ГАММЕ)

Прямолинейный участок характеристической кривой имеет очень важное значение для характеристики эмульсии, к которой относится характеристическая кривая. Прямолинейный участок кривой прежде всего характеризуется своим наклоном, т. е. величиною угла, который он составляет с осью $\lg E$. Помимо этого он характеризуется большей или меньшей длиной. С фотографической точки зрения важное значение имеет величина проекции прямолинейного участка на ось $\lg E$.

Очевидно эта величина будет тем больше, чем длиннее сам прямолинейный участок, и кроме того она тем больше, чем меньше угол наклона.

Сначала рассмотрим первый вопрос, т. е. вопрос о наклонении прямолинейного участка характеристической кривой к оси $\lg E$ и о том, какие свойства эмульсии характеризуют этот наклон.

Из предыдущего изложения читателю известно, что в области прямолинейного участка характеристической кривой равным приращением логарифмов экспозиции соответствуют равные приращения плотности, вследствие чего эта область называется областью нормальных экспозиций. Она называется также областью пропорциональной передачи.

Наклон прямолинейного участка характеристической кривой имеет чрезвычайно важное значение, потому что он характеризует то свойство материала, которое называется контрастностью.

На рис. 174 представлены три различных случая соответствующих различным контрастностям трех разных светочувствительных слоев, экспонированных и проявленных в одинаковых условиях. Из рассмотрения этой фигуры не трудно видеть, что одному и тому же приращению экспозиции, выражаемому графически отрезком $\Delta \lg E$, соответствуют в каждом случае различные приращения плотности ΔD . В первом случае приращение плотности меньше приращения логарифма экспозиции: отрезок $\Delta D_I < \Delta \lg E$, во втором случае приращение плотности как раз равно приращению логарифма экспозиции: $\Delta D_{II} = \Delta \lg E$ и в третьем случае приращение плотности ΔD_{III} больше приращения логарифма экспозиции $\Delta \lg E$. В первом случае контрастность изображения меньше, чем оригинала, во втором случае контрастность изображения и оригинала равны и наконец в третьем случае изображение контрастнее оригинала.

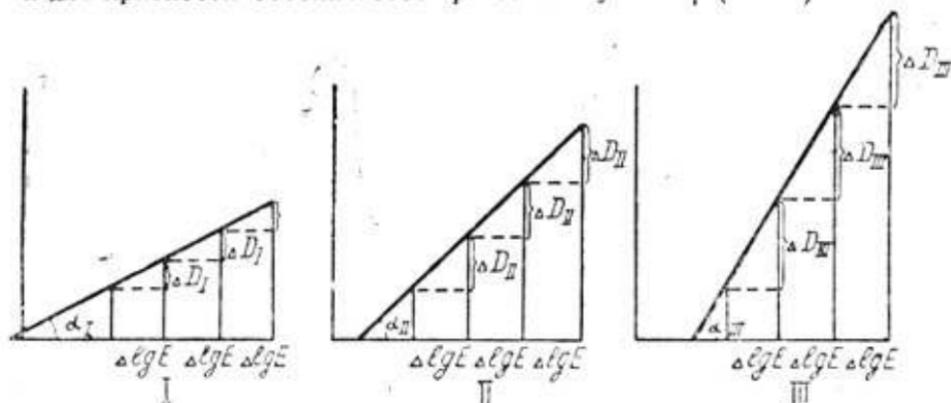
Для количественного выражения контрастности пользуются отношением приращения плотности ΔD к приращению логарифма экспозиции $\Delta \lg E$ таким образом

$$\frac{\Delta D}{\Delta \lg E} \text{ — контрастность.}$$

Это соотношение, как видно из чертежа, равно тангенсу угла наклона прямолинейного участка характеристической кривой к оси $\lg E$:

$$\frac{\Delta D}{\Delta \lg E} = \operatorname{tg} \alpha$$

и для краткости обозначается греческой буквой γ (гамма).



174. Прямолинейные участки характеристических кривых материалов различной контрастности.

Итак гамма характеризует контрастность негатива по сравнению с предметом съемки. Не трудно видеть, что в первом случае, т. е. когда изображение менее контрастно, чем оригинал, $\operatorname{tg} \alpha < 1$, во втором случае—при равенстве контрастов изображения и оригиналов— $\operatorname{tg} \alpha = 1$, наконец в третьем случае, когда изображение контрастнее оригинала, $\operatorname{tg} \alpha > 1$. Соотношения между α , $\operatorname{tg} \alpha$ и контрастностью сопоставлены в следующей таблице:

Угол, составленный прямолинейным участком с осью $\lg E$	Тангенс этого угла (гамма)	Соотношение контрастов оригинала и изображения
$\alpha < 45^\circ$	$\operatorname{tg} \alpha < 1$	Контрасты уменьшены
$\alpha = 45^\circ$	$\operatorname{tg} \alpha = 1$	Контрасты переданы без искажения
$\alpha > 45^\circ$	$\operatorname{tg} \alpha > 1$	Контрасты преувеличены

Если угол $\alpha = 45^\circ$, то равным приращениям логарифма экспозиции отвечают такие же приращения плотности, т. е. $\Delta \lg E = \Delta D$,

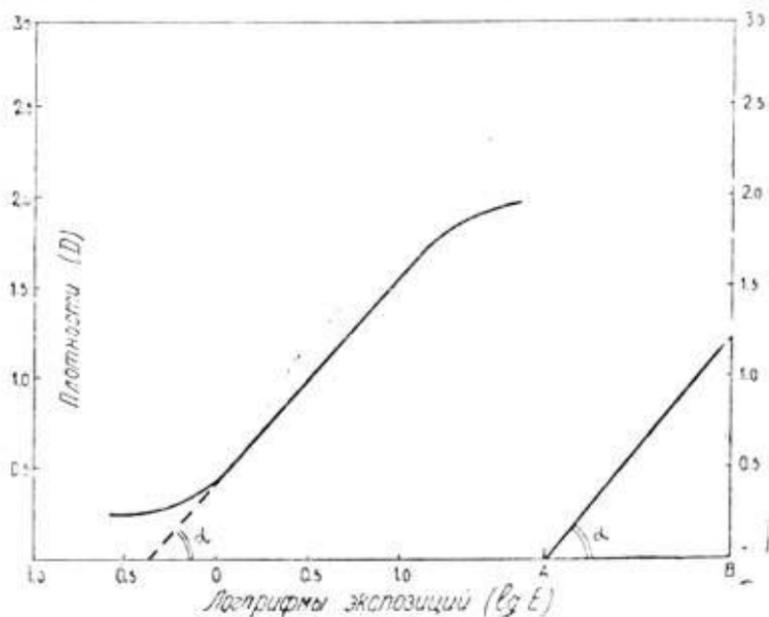
откуда
$$\frac{\Delta D}{\Delta \lg E} = 1.$$

Приращение $\Delta \lg E$ указывает, во сколько раз выросла экспозиция. Так например если приращение $\Delta \lg E = 0,3$, то это значит, что экспозиция увеличилась вдвое, т. е. одна экспозиция и другая отно-

сятся как 1:2, или следовательно яркости сюжета относятся как 1:2, предполагая, что продолжительность экспозиции одинакова.

Так как по условию ΔD также $= 0,3$, то это значит, что непрозрачность негатива увеличилась вдвое, т. е. имеем отношение непрозрачности также 1:2. Таким образом имеется налицо полное соответствие между оптическими свойствами сюжета и негатива, т. е., иначе говоря контрастность изображения равна контрастности оригинала. Если же соотношение яркостей сюжета не равно соотношению непрозрачностей негатива, то контрастность негатива будет больше или же меньше контрастности оригинала.

Фотографические материалы, обладающие высокими значениями гаммы, называются жесткими или контрастными и очевидно должны использоваться в тех случаях, когда контрастность сюжета очень мала и желательно при фотографическом воспроизведении получить большую контрастность, чтобы достигнуть лучшего различения деталей объекта, а также вообще во всех тех случаях, когда достижение наиболее контрастного изображения желательно по тем или иным соображениям. Если данным материалом контрасты передаются без искажения, то он называется нормальным; в случае же уменьшения контрастов, когда материал не способен давать высоких значений гаммы, он называется мягким.



175. Графический способ определения $\text{tg } \alpha$.

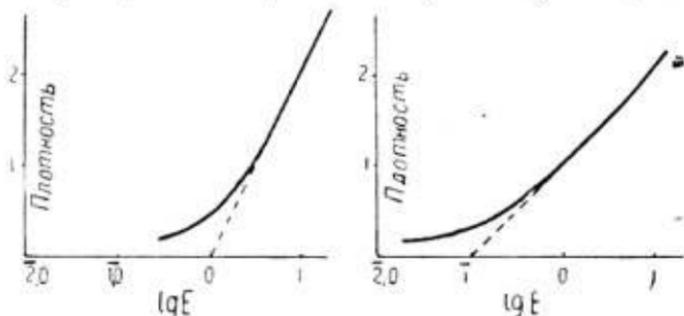
Имея характеристическую кривую, не трудно определить графически $\text{tg } \alpha$. Для этой цели Хертер и Дриффильд предложили следующий способ. С правой стороны оси $\lg E$ диаграммы, на которой строится характеристическая кривая, откладывается отрезок AB , равный единице принятого для этой оси масштаба. На вертикальной оси, проведенной с правой стороны, т. е. из конца этого отрезка B , строится масштаб с той же основной единицей, т. е. такой же самый масштаб, какой имеется с левой стороны для плотностей (рис. 175).

Чтобы определить величину γ ($\lg \alpha$), проведем из точки A прямую параллельную прямолинейному участку характеристической кривой до пересечения с вертикальной осью, расположенной с правой стороны в некоторой точке C .

Очевидно $\text{tg } CAB$ равен tg угла наклона прямолинейного участка характеристической кривой и потому для определения этого последнего достаточно найти $\text{tg } CAB$.

Но так как отрезок $AB = 1$, то $\text{tg } CAB$ численно равен числовой величине отрезка CB , прямо считываемой по делениям вертикальной оси.

В данном приведенном на рис. 175 случае $\text{tg } \alpha = 1,20$.



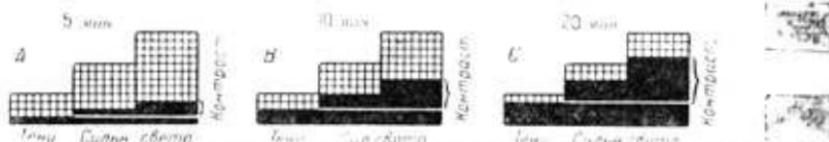
176. Характеристические кривые пластинок: репродукционной (слева) и портретной (справа).

На рис. 176 представлены характеристические кривые репродукционной пластинки и портретной пластинки. Из рассмотрения их ясно видна разница между ними в отношении контрастности фотографического воспроизведения, получаемого при помощи этих материалов.

§ 14. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЯВЛЕНИЯ. ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ. КРИВЫЕ „ВРЕМЯ ПРОЯВЛЕНИЯ—ГАММА“, „ГАММА—БЕСКОНЕЧНОСТЬ“.

Выше мы видели, что прямолинейный участок характеристической кривой данной эмульсии при определенных условиях и продолжительности проявления имеет вполне определенный наклон к оси $\lg E$, и что величина этого наклона, обычно выражаемая тангенсом угла наклона, выражает собой контрастность фотоматериала,—одно из его характерных свойств.

Величина γ зависит помимо эмульсии в большой степени от условий проявления, откуда и название этой величины — фактор проявления. Из практики хорошо известно, что по мере хода проявления плотности отдельных частей изображения возрастают и в то же время увеличивается контрастность изображения. Это про-



177. Влияние продолжительности проявления на величину контраста. Продолжительность проявления: А—5 мин., В—10 мин. и С—20 мин. Квадратиками обозначены зерна эмульсии, получившие способность проявиться в результате экспозиции. Черные квадратиками—проявленные зерна.

исходит однако только до известного предела, после чего возрастание контрастности прекращается, а в дальнейшем контрастность

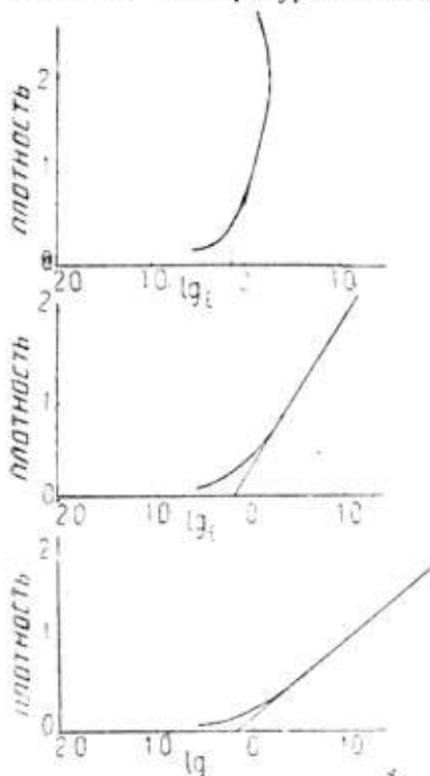
изображения уменьшается в результате вуали. Увеличение контраста изображения при пропорциональном увеличении плотностей различных участков экспонированной эмульсии представлено на рис. 177.

Природа проявителя также оказывает существенное влияние на величину γ при данных условиях. Из сравнения кривых, представленных на рис. 178, видно, что при одной и той же температуре и в течение одного и того же времени в одном проявителе достигается очень большая гамма, в другом меньшая и в третьем еще меньшая.

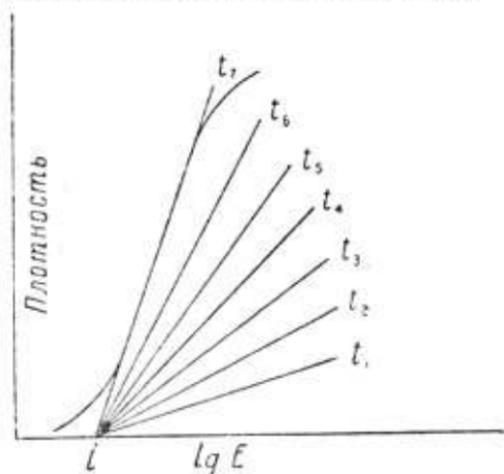
Изменение температуры естественно оказывает существенное влияние на скорость реакции проявления; повышение температуры обеспечивает более быстрое получение данной величины γ . Влияние температуры различно для различных проявителей и обычно определяется величиной температурного коэффициента, выражаемого отношением продолжительности проявления при некоторой температуре и температуре на 10° высшей.

Температурный коэффициент данного проявителя зависит от состояния проявляющего раствора и свойств фотоматериала.

Изучение влияния продолжительности проявления на величину гаммы, произведенное прежде всего Хертером и Дриффильдом, показало, что если строить для определенных продолжительностей проявления ха-



178. а) 5-минутное проявление при 18°C в метолгидрохиноновом проявителе с едкой щелочью. в) 5-минутное проявление при 18°C в нормальном метолгидрохиноновом проявителе. с) 5-минутное проявление при 18°C в мелкозернистом проявителе с бурой.

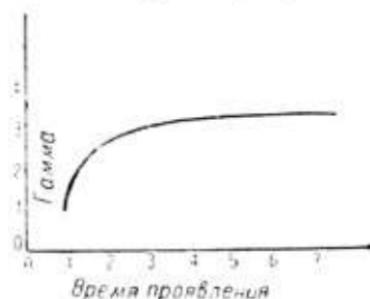


179. Семейство кривых Хертера и Дриффильда. Случай безбромидного проявления.

рактеристические кривые, то получается ряд кривых или, как называют «семейство» кривых, обладающих следующим характерным свойством: в случае отсутствия в проявителе растворимого бромида, прямые участки всех характеристических кривых, полученных для различных продолжительностей проявления, пересекаются при своем продолжении в одной точке, лежащей на оси $\lg E$ (рис. 179).

Это обстоятельство указывает на то, что с увеличением времени все плотности возрастают в одинаковой пропорции. Ясно, что при этом контрастность изображения, определяемая разностью плотностей, будет возрастать.

Общая точка пересечения прямолинейных участков характеристических кривых, называемая точкой инерции, играет в системе сенситометрии Хертера и Дриффильда громадную роль, так как она служит для определения светочувствительности эмульсии. Более подробно этот вопрос мы рассмотрим позже, при изучении светочувствительности, для которой помимо способа Хертера и Дриффильда были предложены другими исследователями иные способы определения, причем способ Хертера и Дриффильда, несмотря на некоторые его недостатки, является весьма распространенным и в настоящее время.

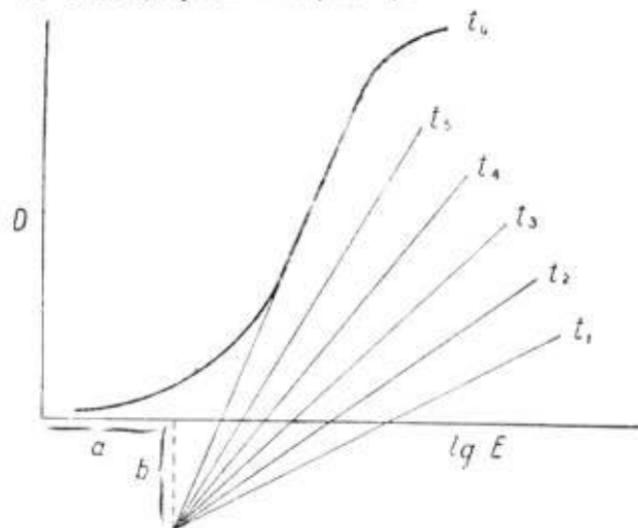


180. Кривая «время проявления—гамма».

Зависимость между величиной γ и временем проявления может быть пред-

ставлена некоторой кривой, если на оси абсцисс откладывать продолжительность проявления, а на оси ординат соответствующее значение гаммы, достигаемой при этой продолжительности. Такая кривая, представленная на рис. 180, называется кривой «время проявления—гамма». Она не только позволяет наглядно представить зависимость гаммы от времени, но и определить графически время, требуемое для получения некоторых интересующих нас значений гаммы, неизвестных из опыта, путем интерполирования.

Характер проявления зависит еще от наличия в проявителе растворимых солей бромистоводородной кислоты (обычно бромистого калия). При прибавлении к проявителю растворимого бромида точка пересечения продолженных прямолинейных участков характеристических кривых данного семейства смещается вниз, (т. е. эта точка с координатами a ,

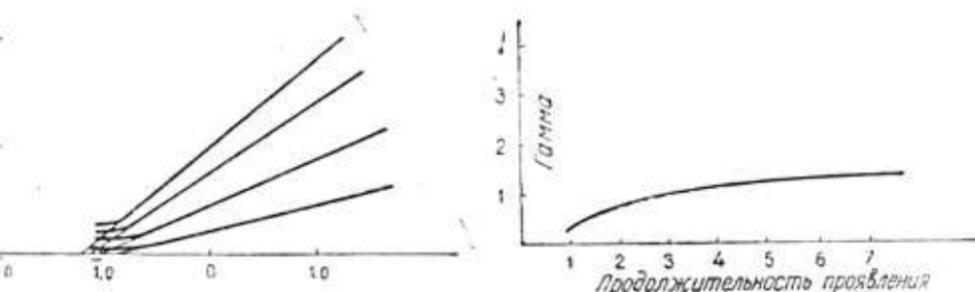


181. Смещение точки инерции под действием бромида.

b) (рис. 181) находится ниже оси $\log E$. Величина смещения точки инерции называется депрессией плотности. Величина эта возрастает с увеличением концентрации бромистого калия. При данной концентрации бромистого калия депрессия зависит от природы проявляющего вещества, будучи больше в случае малоэнергичных проявителей.

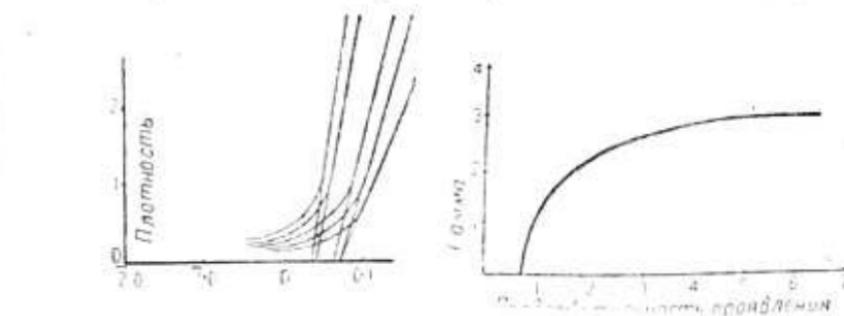
Возвращаясь к вопросу о зависимости между гаммой и продолжительностью проявления, необходимо заметить, что зависимость эта может быть различной.

Из практики давно известно, что в случае одних проявляющих веществ изображение образуется постепенно, тогда как в случае других—появление его сначала задерживается, а затем изображение образуется с большей быстротой. На рис. 182 и 183 представлены семейства характеристических кривых, наглядно представляющих два типа материалов. В случае, представленном на рис. 182, гамма возрастает постепенно, в случае, представленном на рис. 183, гамма сразу приобретает большое значение, в дальнейшем возрастает медленно. Ход изменения гаммы наглядно представлен для обоих случаев в виде кривых «время проявления—гамма». Кривая на рис. 182 более приближается по своей форме к прямой линии, кривая на рис. 183 обнаруживает резко выраженный перегиб, вначале быстро поднимается почти вертикально вверх, а затем поднимается медленно, идя почти параллельно оси.



182. Семейство характеристических кривых и кривая «время проявления—гамма». Медленное возрастание гаммы.

Исследование скорости изменения гаммы в зависимости от времени показывает, что гамма возрастает фактически только до известных



183. Семейство характеристических кривых и кривая «время проявления—гамма». Быстрое возрастание гаммы.

пределов, причем скорость возрастания с течением времени становится все меньше, в связи с чем кривая «время—гамма» стремится стать параллельной оси. Предельная величина гаммы называется гаммой бесконечности и обозначается γ_{∞} ; она является одним из характерных свойств эмульсии.

Экспериментальный путь определения γ_{∞} представляет значительные трудности. Миз и Шеппард указали способ вычисления γ_{∞} , основанный на уравнении скорости проявления.

Ввиду того, что условия проявления играют важную роль в отношении получаемых величин характерных свойств испытуемого фотоматериала, необходимо, чтобы эти условия были стандартизированы. В противном случае результаты сенситометрических испытаний, произведенных различными исследователями, не могут быть сравнимы между собой. Хертер и Дриффильд пользовались следующим проявляющим раствором:

Пирогаллола	8 г
Сульфита натрия кристалл	40 "
Соды кристалл	40 "
Воды до	1 000 см ³

Проявитель не содержит бромистого калия. Температура проявляющего раствора 18° С. Фиксирование производится в 20%-ном растворе гипосульфита. Сушка производится при комнатной температуре. Недостатком пирогаллолового проявителя является то, что он дает окрашенное изображение. Продукты окисления проявителя, имеющие желтоватый цвет, отлагаются вокруг зерен металлического, серебра в количестве, пропорциональном количеству восстановленного серебра. Ввиду того, что эти продукты окисления пропускают в значительной степени лучи, обладающие большой визуальной яркостью, но не действующие на светочувствительный слой бумаги при печати, и в то же время поглощают синефиолетовую часть спектра, т. е. лучи очень эффективные, плотность, измеренная визуально, не будет отвечать плотности негатива при печати.

На VI и VII международных фотографических конгрессах был принят следующий стандартный проявитель, дающий нейтральное изображение:

Параамидофенола солянокислого	2,57 г
Сульфита натрия кристалл	100 "
Соды кристалл	135 "
Воды до	1 000 см ³

Как видно из рецепта, проявитель не содержит бромистого калия вследствие чего не может быть изменения инерции в зависимости от продолжительности проявления. Кроме того этот проявитель сравнительно мало чувствителен к действию бромистого калия и поэтому, если в эмульсионном слое испытуемого материала имеется небольшое количество бромистого калия, это не скажется заметным образом на величине инерции. Необходимо заметить, что выбор рецепта используемого проявителя зависит от тех специальных целей, для которых производится сенситометрическое испытание. Так например, если сенситометрические испытания имеют ввиду контроль результатов обработки определенных фотографических материалов, то они должны производиться с тем рецептом проявителя, который обычно используется в практической работе с этими материалами.

При проявлении для сенситометрических целей необходимо иметь в виду, что по мере хода проявления состав проявителя изменяется. Поэтому в данном сосуде с проявителем проявится только одна порция испытуемого материала, проявляемые куски экспонированного материала не должны налегать друг на друга и продукты реакции проявления не должны задерживаться между ними. Ко-

личество проявляющего раствора по отношению к количеству проявляемого в нем материала должно быть достаточно велико, так чтобы активность проявляющего раствора в целом не могла измениться в течение процесса проявления. Все части испытуемого материала должны погружаться в раствор одновременно. Как известно, в результате реакции проявления образуется бромистая соль и другие продукты реакции, которые действуют задерживающим образом на ход проявления. Эти продукты медленно диффундируют на поверхности желатины. Важность своевременного, т. е. достаточно быстрого удаления этих продуктов при обычных фотографических работах, хорошо известна. Большое значение имеет это обстоятельство при сенсиметрических испытаниях, причем важно, чтобы скорость удаления продуктов реакции была при всех испытаниях одинаковой.

Было предложено очень много способов перемешивания проявителя. В одних проявляемые полоски расположены в сосуде вертикально и вращаются вокруг вертикальной оси, или же перемешивание достигается движением специальных размешивающих приспособлений — в других материал промывается в кювете или каком-либо плоском сосуде; кювета покачивается механически или вручную, причем последний способ даст лучшие результаты. Одним из лучших является способ Клэрка. Он состоит в том, что по поверхности материала периодически проводят широкой мягкой кистью из верблюжьего волоса. При этом не происходит никакой порчи светочувствительного слоя и удаление продуктов реакции проявления и замена их свежими происходят регулярно и с достаточной быстротой.

ГЛАВА III

ШИРОТА ЭМУЛЬСИИ И ШИРОТА ОБЪЕКТА

§ 15. ШИРОТА ЭМУЛЬСИИ

Обозначим минимальную экспозицию соответствующую начальной точке прямолинейного участка характеристической кривой через $E_{мин}$, максимальную экспозицию соответствующую концу этого участка — через $E_{макс}$. Разность логарифмов этих величин называется шириной эмульсии.

Таким образом ширина эмульсии геометрически определяется величиной отрезка на оси $\lg E$, который получится, если опустить перпендикуляры из крайних точек прямолинейного участка характеристической кривой на эту ось (рис. 184). Следовательно, короче говоря, ширина эмульсии выражается ортогональной проекцией прямолинейного участка характеристической кривой на ось $\lg E$.

Согласно изложенному выше необходимо для получения удовлетворительных результатов при съемке, чтобы все экспозиции, сообщаемые пластинке различными участками фотографируемого сюжета, попали в область нормальных экспозиций, т. е. чтобы ни одна экспозиция не была меньше $E_{мин}$ и больше $\log E_{макс}$.

Этим определяется в высшей степени важное требование к съемке, точно выражаемой с сенситометрической точки зрения.

Итак ширина эмульсии равна

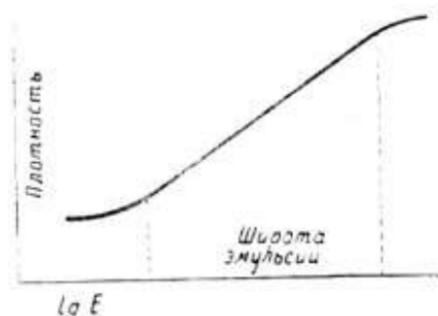
$$\lg E_{макс} - \lg E_{мин} \text{ или } \log \frac{E_{макс}}{E_{мин}}$$

§ 16. ШИРОТА ОБЪЕКТА

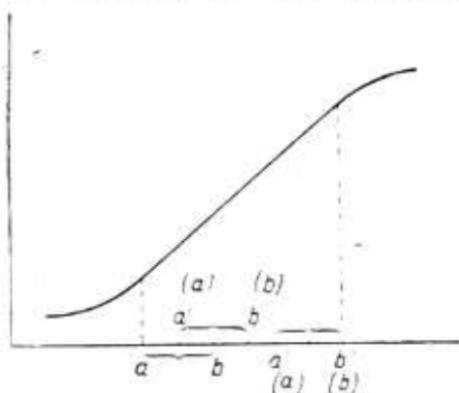
Пусть максимальная яркость фотографируемого объекта равняется J_{\max} , а минимальная — J_{\min} . Тогда отношение

$$\frac{J_{\max}}{J_{\min}}$$

характеризует собою, насколько объект является контрастным. Так например, если крайние яркости относятся как 100:1 в случае одного объекта и как 1 000:1 в случае второго, то этот последний



Ширина эмульсии.



185. Схема, поясняющая возможность колебания продолжительности экспозиции с соблюдением условия пропорциональной передачи.

более контрастен, чем первый. Обычно степень контрастности выражается не отношением крайних яркостей, а логарифмом этого отношения

$$\lg \frac{J_{\max}}{J_{\min}} = \lg J_{\max} - \lg J_{\min}$$

Это выражение и называется интервалом или шириной объекта. Если объект с шириной $\lg \frac{J_{\max}}{J_{\min}}$ экспонируется в течение времени t , то получим некоторую широту экспозиции, выражаемую так:

$$\lg \frac{J_{\max} \cdot t}{J_{\min} \cdot t}$$

или обозначая $J_{\max} \cdot t$ через E_{\max} , а $J_{\min} \cdot t$ через E_{\min} , то получим:

$$\lg \frac{E_{\max}}{E_{\min}} = \lg \frac{J_{\max}}{J_{\min}}$$

Снимки объектов, обладающих различной шириной, приведены в части, посвященной съемке, где вопрос о широте объекта рассматривается более подробно.

§ 17. ДОПУСТИМЫЙ ПРЕДЕЛ КОЛЕБАНИЯ ЭКСПОЗИЦИИ ПРИ СЪЕМКЕ

Установив основные понятия, переходим к выяснению вопросов зависимости между шириной эмульсии и шириной объекта при съемке и в связи с этим о допустимом пределе колебания экспозиции.

Прежде всего чисто геометрически нетрудно доказать следующие положения:

1) широта объекта должна быть меньше широты эмульсии или в крайнем случае может равняться ей;

2) продолжительность экспозиции должна быть выбрана соответствующим образом.

При несоблюдении этих условий экспозиции не попадут в область прямолинейного участка характеристической кривой и следовательно правильное фотографическое воспроизведение не будет достигнуто.

На фиг. 185 показаны следующие случаи: широта объекта выражается отрезком ab . Пусть продолжительность экспозиции t выбрана так что наименьшая экспозиция $J_{мин} \cdot t$ как раз равна минимальной экспозиции правильного воспроизведения т. е. попадает как раз в точку a , соответствующую начальной точке области прямолинейного участка характеристической кривой. Максимальная экспозиция $J_{макс} \cdot t$, соответствующая наиболее яркой точке фотографируемого сюжета, попадает в точку b . Все экспозиции укладываются в области пропорциональной передачи. Пусть продолжительность экспозиции при съемке больше, чем в рассмотренном случае и равна $t_1 > t$.

Тогда все экспозиции увеличатся в равной степени, но величина

$$\lg \frac{J_{макс} \cdot t}{J_{мин} \cdot t} = \lg \frac{J_{макс} \cdot t'}{J_{мин} \cdot t'} = \lg \frac{J_{макс}}{J_{мин}}$$

не изменится, т. е. широта экспозиции останется той же самой.

Геометрически это выразится в том, что отрезок ab переместится вправо и займет положение $a' b'$, причем, если величина экспозиции возросла в соответствующей степени (не слишком сильно), весь отрезок снова уложится в области пропорциональной передачи. Наконец при дальнейшем возрастании продолжительности экспозиции отрезок, выражающий широту экспозиции, займет предельное допустимое положение $a'' b''$, при котором максимальная экспозиция $J_{макс} \cdot t''$ будет равна экспозиции, соответствующей концу прямолинейного участка характеристической кривой.

Ясно, что при непрерывном изменении продолжительности экспозиции от t до t'' отрезок ab будет непрерывно двигаться по оси $\lg E$, начиная от исходного положения, когда точка a совпадет с точкой, отвечающей началу прямолинейного участка и кончая конечным положением, когда точка b совпадает с точкой b'' , отвечающей концу прямолинейного участка. Если при съемке время экспозиции взято меньше t или больше t'' , то ясно, что отрезок ab выйдет из области пропорциональной передачи влево или вправо и значит правильное воспроизведение уже не будет достигнуто, потому что часть экспозиций попадет в область недодержек или передержек. Из изложенного ясно, что когда широта объекта меньше широты эмульсии, продолжительность экспозиции может варьировать. Степень допустимого колебания экспозиции очевидно необходимо выразить в точной количественной форме.

Прежде всего рассмотрим случай, когда широта объекта как раз равна широте эмульсии. Если время t выбрано соответствующим образом, то оба отрезка совпадут. Вполне очевидно, что продолжительность экспозиции в рассматриваемом случае при условии достиже-

ния пропорциональной передачи может иметь только одно единственное значение и при всяком отклонении от этого значения отрезок, выражающий широту экспозиции, выйдет из области проекции прямолинейного участка, т. е. пропорциональность передачи для некоторой части (или для всех) экспозиций не будет выполнена.

Поясним изложенное на частном примере.

Пусть началу и концу прямолинейного участка характеристической кривой соответствуют значения экспозиции 1,75 и 3,75, т. е. широта эмульсии равна $3,75 - 1,75 = 2$. Иначе говоря, соотношение между максимальной экспозицией, отвечающей концу, и минимальной экспозицией, отвечающей началу пропорциональной передачи, равно $100 : 1$. Если яркость самой светлой части сюжета в 100 раз больше яркости самой темной части, то весь сюжет уложится в области нормальных экспозиций, если продолжительность экспозиции выбрана правильно. Если бы в сюжете имелись более светлые или более темные места, так что соотношение крайних яркостей было бы больше, чем $100 : 1$, или если бы продолжительность экспозиции была взята неправильно, то все части сюжета не уложились бы в области нормальных экспозиций.

Предположим теперь, что широта сюжета равна 1,3, т. е. меньше ширины эмульсии. При наиболее короткой еще допустимой продолжительности t экспозиции, все экспозиции будут лежать в области от 1,75 до 3,05, потому что $3,05 - 1,75 = 1,3$.

При самой продолжительной еще допустимой экспозиции t'' все экспозиции будут лежать в пределах от 2,45 до 3,75 ($3,75 - 2,45 = 1,3$).

Таким образом при возрастании экспозиции от t' до t'' все экспозиции переместятся вправо на величину

$$2 - 1,3 = 0,7,$$

которая очевидно и характеризует допустимое колебание экспозиции. Так как число, логарифм которого $= 0,7$ есть 5, то максимальная допустимая экспозиция в пять раз больше минимальной:

$$\frac{t''}{t'} = 5.$$

Таким образом, для определения допустимого колебания экспозиции нужно из ширины эмульсии вычесть широту сюжета; в результате получим логарифм допустимого колебания экспозиции.

Если широта эмульсии и широта объекта выражены не в логарифмах, а в числах, то наше правило можно формулировать следующим образом:

чтобы найти допустимые границы колебания экспозиции, нужно разделить широту эмульсии на широту объекта:

$$\text{допустимое колебание экспозиции} = \frac{\text{широта эмульсии}}{\text{широта объекта}}.$$

Таким образом допустимое колебание экспозиции тем больше, чем больше широта эмульсии и чем меньше широта сюжета. Поэтому особенную тщательность в определении продолжительности экспозиции надо соблюдать в тех случаях, когда снимается контрастный

сюжет на эмульсии с малой широтой. Понятно, что практически важное значение имеет еще то обстоятельство, насколько велика или масла продолжительность экспозиции по своей абсолютной величине, потому что продолжительные экспозиции, исчисляемые например в секундах, легче и точнее можно учитывать, чем экспозиции короткие, выражаемые например в десятых и сотых долях секунды.

Приведенное выше положение о пределах колебания продолжительности экспозиции можно в общем виде выразить следующим образом.

Пусть наименьшая допустимая продолжительность экспозиции равна t'' . Если минимальная яркость сюжета равна J_{\min} , а экспозиция, соответствующая начальной точке пропорциональной передачи, равна E_{\min} , то согласно условию

$$E_{\min} = J_{\min} \cdot t''.$$

Пусть наибольшая допустимая продолжительность экспозиции равна t' . Если максимальная яркость сюжета равна J_{\max} , а экспозиция, соответствующая конечной точке пропорциональной передачи, равна E_{\max} , то согласно условию

$$E_{\max} = J_{\max} \cdot t'.$$

Деля второе равенство на первое, получим:

$$E_{\max} : E_{\min} = \frac{J_{\max} \cdot t'}{J_{\min} \cdot t''}.$$

Откуда

$$\frac{E_{\max}}{E_{\min}} : \frac{J_{\max}}{J_{\min}} = \frac{t'}{t''}$$

что и требовалось доказать.

Широта сюжета может варьировать в широких пределах. Учет величины широты объекта в каждом случае съемки очевидно имеет большое практическое значение, так как определяет собою выбор негативного материала в отношении его широты и допустимые пределы колебания экспозиции. Ввиду того, что вопрос о широте объекта тесным образом связан с вопросами съемки, мы и рассмотрим его более подробно в той части книги, которая посвящена фотографической съемке.

ГЛАВА IV

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ФОТОМАТЕРИАЛОВ

§ 18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФОТОМАТЕРИАЛОВ

Чувствительность фотографических материалов является, как известно, одним из наиболее важных фотографических свойств. Чтобы получить при съемке удачные негативы, необходимо иметь по возможности точные данные о светочувствительности негативного материала, который предполагается использовать, потому что чувствительность является одним из основных факторов, определяющих про-

должительность экспозиции при съемке. Материал считается тем более чувствительным, чем меньшее количество света требуется для того, чтобы получить некоторое, например минимальное, почернение, или чем меньшая продолжительность экспозиции необходима для получения удовлетворительного негатива при съемке данного сюжета при определенных условиях. Исследование вопроса практического определения чувствительности и выражения ее в величинах, наиболее удобных для практических целей, показало, что возможно по разному определять чувствительность, причем каждый из способов имеет свои преимущества и недостатки. В настоящее время существует несколько способов определения чувствительности существенно различных между собой. Как мы увидим дальше, между величинами чувствительности, выражаемой различными способами, нет вполне определенного соответствия, так что трудно или даже невозможно перейти от показания чувствительности, найденного определенным способом на основании опыта, к показанию чувствительности, выраженному в иной форме, т. е. соответственно другому способу.

Из сказанного видно, что вопрос о чувствительности фотографических материалов представляет большую сложность. Мы рассмотрим последовательно: 1) метод Хертера и Дриффильда, 2) метод Шейнера, 3) метод Эдера Гехта и 4) метод Джонса, что соответствует хронологической последовательности их возникновения в истории разрешения вопроса определения чувствительности. До разработки Хертером и Дриффильдом их метода определения светочувствительности фотографических материалов последняя определялась при помощи сенситометрических таблиц, состоящих из участков различных плотностей; номер наиболее плотного участка, при экспонировании через который получалось еще заметное почернение, и служил мерою чувствительности.

§ 19. МЕТОД ХЕРТЕРА И ДРИФФИЛЬДА

Как известно из предыдущего изложения, прямолинейные участки семейства характеристических кривых какой-либо эмульсии, полученных для различных продолжительностей проявления, пересекаются при своем продолжении в одной точке, лежащей на оси $\lg E$ и называемой точкой инерции. Необходимым условием для достижения этого результата является отсутствие бромида в проявителе. Расстояние от начала координат до точки инерции называется *и н е р ц и е й*. Величина этого расстояния очевидно характеризует степень чувствительности материала: чем меньше инерция, т. е. чем ближе точка инерции расположена к началу координат, тем меньшая экспозиция требуется для получения известного почернения, т. е. тем чувствительнее будет эмульсия. Таким образом чувствительность обратно пропорциональна инерции:

$$\text{чувствительность} = \frac{K}{i},$$

где i — инерция, а K — некоторая постоянная величина.

Выбор этой величины совершенно произволен. Хертер и Дриффильд в связи с особенностями устройства своего экспонометра положили $K = 34$. В настоящее время обычно величина K принимается

равной 10. Что касается величины i , то она берется в секундо-метро-свечах, т. е. в значениях самой экспозиции, а не логарифма экспозиции. Таким образом, по Хертеру и Дриффильду,

$$\text{чувствительность} = \frac{34}{i} \text{ (сек./м/св.)}$$

Метод определения чувствительности по точке инерции получил очень широкое распространение; он принят в Англии, Америке и других государствах, в частности и в СССР.

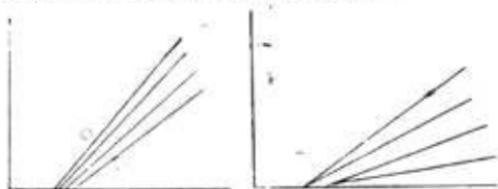
Как видно из изложенного, чувствительность получается при этом графически, на основании построения характеристической кривой. Однако метод определения чувствительности Хертера и Дриффильда обладает некоторыми недостатками, а в известных случаях оказывается совершенно неприменимым, как на это указывал ряд исследователей (Блок, Клерк, Торн-Бекер, Шеппард и др.).

Прежде всего только при отсутствии в проявителе бромида получается общая точка пересечения прямолинейных участков семейства характеристических кривых, лежащая на оси $\lg E$. В противном случае продолжения прямолинейных участков пересекаются ниже оси $\lg E$, и следовательно эти продолжения дают с осью $\lg E$ несколько точек пересечения, а потому определение чувствительности становится невозможным, так как для различных продолжительностей проявления получают различные величины инерции¹.

Далее Шеппард установил ряд случаев, когда точка пересечения лежит выше оси $\lg E$ и когда имеются две или даже три точки пересечения.

Шеппард разделил все эмульсии на два класса: 1)

ортофотические, которые характеризуются наличием одной общей точки пересечения продолженных прямолинейных участков характеристических кривых для любой данной эмульсии и 2) аортофотические, характеризующиеся наличием двух или большего числа точек пересечения (рис. 186). Кроме того следует указать, что кривые некоторых эмульсий имеют два прямолинейных участка; и что существуют эмульсии, характеристические кривые которых вовсе не обнаруживают прямолинейного участка; в таких случаях определение чувствительности по точке инерции также является неосуществимым или по крайней мере затруднительным и условным².



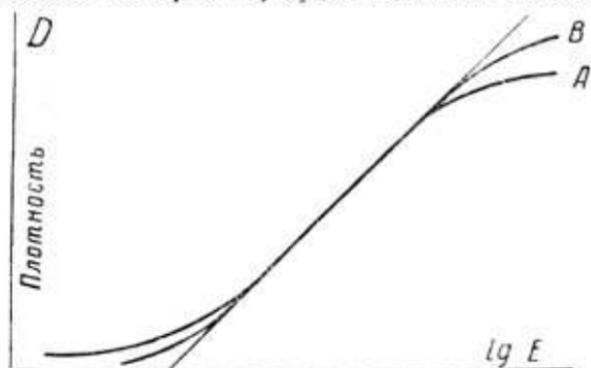
186. Прямолинейные участки характеристических кривых, не имеющие одной общей точки пересечения.

¹ В случае наличия общей точки пересечения, лежащей ниже или выше оси $\lg E$, чувствительность может быть определена на основании координат этой точки способом, разработанным Нитцем и являющимся обобщением способа Хертера и Дриффильда. Подробности по этому вопросу см. в ст. проф. И. К. Чибисова. Измерение фотографических свойств светочувствительной эмульсии. «Пролетарское фото», 1932 г. № 4.

² Следует однако указать, что нормальным типом являются ортофотические эмульсии; аортофотические эмульсии получают всегда путем искусственного смешивания. Если предоставить фотографической эмульсии естественно организованность в процессе согревания, то всегда получается ортофотический тип. Эмульсии, не имеющие прямолинейного участка, также относятся к аортофоти-

Но даже если не иметь в виду перечисленных выше особых случаев, определение чувствительности по точке инерции с практической стороны обладает существенным недостатком. На рис. 187 представлены характеристические кривые двух эмульсий. Из диаграммы видно, что прямолинейные участки кривых совпадают. Таким образом инерция у них одна и та же, а следовательно и чувствительность, вычисленная по точке инерции, будет одинакова у обеих эмульсий. Между тем из дальнейшего рассмотрения диаграммы мы видим, что область недодержек у обоих материалов различна; у кривой *A* область недодержек идет влево значительно дальше, у кривой *B* область недодержек очень коротка.

Таким образом ясно, что экспозиция, которая на материале *B* не вызовет почернения, будет вызывать заметное, более или менее значительное почернение на материале *A*. Существенный недостаток при определении светочувствительности по точке инерции и состоит в том, что при этом не учитывается в нужной степени область недодержек.



187. Характеристические кривые с различно выраженной областью недодержек.

Выше указывалось, что правильное воспроизведение достигается при фотографировании только в том случае, когда все экспозиции, получаемые светочувствительным слоем от различных участков фотографируемого сюжета, попадают в область нормальных экспозиций. Однако практика давно показала, что во многих случаях, хотя и не всегда, при съемке используется не только область нормальных экспозиций, но и область недодержек. Иногда в силу самого характера объекта съемки, например при фотографировании быстро движущихся предметов, приходится пользоваться очень короткой экспозицией, т. е. работать в области недодержек. Кроме того в некоторых научных приложениях фотографии особенную важность приобретает вопрос не о правильности воспроизведения, а о том, чтобы запечатлеть незначительные экспозиции.

Интересные результаты получил Торн-Бекер, который исследовал ряд негативов портретной съемки, произведенных специалистами и признанных наиболее совершенными по выполнению. Изучение этих негативов и соответствующих светочувствительных материалов показало, что при получении их область недодержек была использована в очень значительной степени. Таким образом использование в случаях, подобных только-что описанному, показания чувствительности по точке инерции не соответствовало бы практическим целям съемки потому, что чувствительность, показанная в значениях инерции, ока-

ческому типу и получаются путем искусственного смешивания. Анортофотический тип эмульсии должен быть отнесен к аномальным случаям, получаемым путем искусственного вмешательства в процессе созревания. См. цитированную выше статью проф. Чибисова.

злась бы слишком низкой по сравнению с действительной эффективной (полезной) чувствительностью материала.

Обширные исследования Джонса показали, что в практической фотографии и кинематографии использование области недодержек характеристической кривой является весьма обычным и допустимым, несмотря на то, что разница в яркостях воспроизводится в области этого участка характеристической кривой с известным искажением.

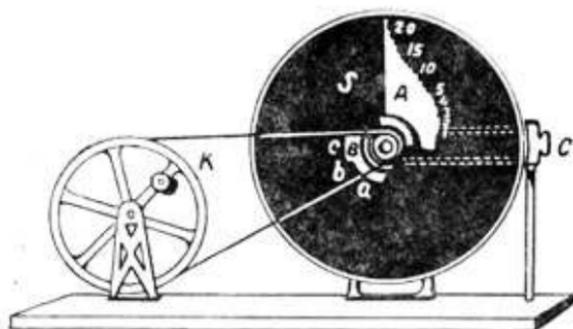
Джонс совместно с Русселем предложил свой метод определения чувствительности, в котором область недодержек учитывается (соответственно потребности практической работы) но мы на рассмотрении этого метода остановимся позже, так как он разработан сравнительно недавно и еще не получил распространения, а сначала опишем другой, более старый метод, основанный на другом принципе.

§ 20. МЕТОД ШЕЙНЕРА

В 1894 г. германским астрономом Шейнером был разработан метод определения чувствительности по величине так называемого порога чувствительности. Порогом чувствительности данного материала называется та минимальная экспозиция, которая еще производит на этом материале заметное почернение после проявления экспонированного материала.

При измерении чувствительности Шейнер пользовался сенситометром, по существу сходным с сенситометром Хертера и Дриффильда, но отличающимся от последнего некоторыми особенностями.

Общий вид сенситометра Шейнера представлен на рис. 188. Диск сенситометра имеет ступенчатый вырез, состоящий из 20 ступеней, причем ширина ступеней все время возрастает в постоянном отношении 1:1,27 (а не 1:2 как в сенситометре Хертера и Дриффильда), что соответствует последовательному изменению экспозиции от 1 (за единицу принимается экспозиция, соответствующая наименьшему вырезу) до 100. Наименьшая ступень отвечает углу равному 1° , наибольшая—углу, равному 100° . Вращение диска производится посредством колеса *К*.



188. Сенситометр Шейнера.

Один оборот колеса в секунду дает 400 оборотов диска в минуту. Непосредственно за диском помещается в кассете полоска испытуемого материала. Источником света служит сконструированная Шейнером специальная стандартная лампа; в качестве горючего веществом для лампы используется бензин, обладающий вполне определенными физическими свойствами. Сила света лампы Шейнера равняется всего 0,067 силы английской нормальной свечи или 0,076 силы света лампы Гефнера. Экспонирование выполняется при расстоянии поверхности испытуемого материала от источ-

ника света в 1 м; продолжительность экспозиции—1 мин. при 400 оборотах диска экспозиции в минуту.

После экспонирования и проявления испытуемого материала получается ступенчатый или градационный негатив, состоящий, в зависимости от степени чувствительности материала, из большего или меньшего числа почерневших участков или полей, причем степень

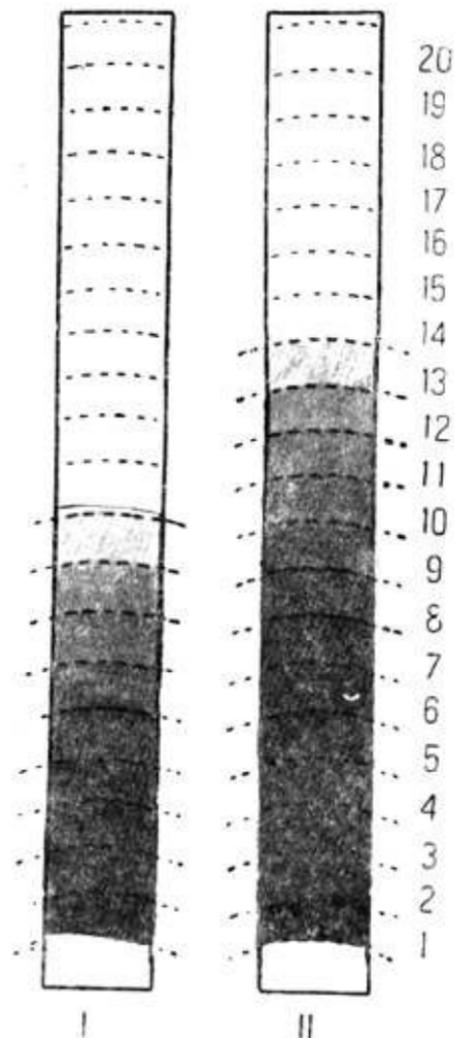
почернения постепенно убывает в направлении от более широких вырезов к более узким. Чем более чувствителен материал, тем большее число почерневших участков получится в результате.

Номер того поля, на котором еще получилось заметное наглаз почернение, и указывает чувствительность материала в условных единицах—градусах Шейнера.

Так например светочувствительность материала, обозначенного на рис. 189 цифрой I, равна 9° по Шейнеру, потому что последнее поле, получившее еще заметное почернение,—девятое; светочувствительность материала, обозначенного на том же рисунке цифрой II, выше и равна 13°.

Позднее Эдер несколько усовершенствовал диск сенситометра, введя еще три дополнительных выреза a, b и c, увеличив таким образом пределы определения чувствительности. Определения значений чувствительности, высших 20 по сенситометру Шейнера невозможно и в тех случаях, когда в таблицах, приводятся еще и высшие показания, последние получают перечислением с данных полученных сенситометром Эдера-Гехта, который описывается дальше.

Приводим таблицу, в которой сопоставлены градусы Шейнера с величинами экспозиций и величинами относительной светочувствительности (стр. 139).



189. Сенситограммы, полученные сенситометром Шейнера.

Если имеем два материала, чувствительности которых даны в градусах Шейнера, то нетрудно вычислить или найти по таблице, во сколько раз один материал чувствительнее другого.

Пример. Пусть чувствительность одного материала 20°, другого 12°. Определить во сколько раз первый материал чувствительнее второго? По таблице прямо находим результат: приблизительно в 7 раз. Тот же результат можно найти вычислением: $20 - 12 = 8$; $1,27^8 = 7$

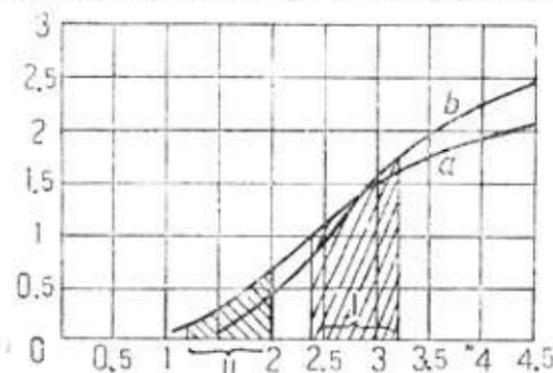
Градусы Шейнера	Относительная экспозиция	Относительная светочувствительность	Градусы Шейнера	Относительная экспозиция	Относительная светочувствительность
20	1,00	100	9	14,4	7,0
19	1,27	78,5	8	18,3	5,5
18	1,62	61,6	7	23,4	4,3
17	2,07	48,3	6	29,8	3,4
16	2,64	37,9	5	37,9	2,6
15	3,36	29,8	4	48,3	2,1
14	4,28	23,4	3	61,6	1,6
13	5,45	18,4	2	78,5	1,3
12	6,95	14,4	1	100	1,0
11	8,86	11,4		127	0,79
10	11,3	8,9		162	0,62
				207	0,48

Недостатком метода определения светочувствительности по Шейнеру является то, что указание экспозиции, соответствующей минимальному почернению, не дает вполне правильного представления о действительно полезной области экспозиции. Очень слабые экспозиции, лежащие далеко в области недодержек, в большинстве случаев не имеют практического значения, потому что в этой части контрастность материала ничтожно мала и передача даже значительных различий яркостей невозможна.

При практическом использовании данных чувствительности по Шейнеру необходимо иметь в виду, что в некоторых случаях область слабых экспозиций (недодержек) может не использоваться, и потому материалы, сильно различающиеся по своей чувствительности, выраженной в градусах Шейнера, могут давать совершенно одинаковые снимки при сходных условиях съемки.



190. Снимок на пластинках различной чувствительности, сделанный с использованием только области прямолинейных участков (нормальных экспозиций).



191. Схема, поясняющая результаты съемок, показанных на рис. 190 и 192.

На рис. 190 представлен пример съемки одного и того же объекта при одинаковых условиях, при чем использовалась репродукционная пластинка с чувствительностью 12° Шейнеру и высокочувствительная пластинка с чувствительностью 20° по Ш. Экспозиция выбиралась таким образом, чтобы получить нормальные негативы. Несмотря на большую разницу чувствительности, равную

8° Ш., что соответствует соотношению светочувствительностей приблизительно 1:7, негативы не обнаруживают заметной разницы, если не считать того, что негатив, полученный на менее чувствительной пластинке, обладает несколько большим контрастом, чем негатив, полученный на более чувствительном материале.

Результаты съемки объясняются следующим образом. Как показано на рис. 191, при съемке использовалась область экспозиции I, соответствующая нормальным экспозициям, т. е. прямолинейным участкам обоих материалов, при чем эти участки лишь незначительно различаются между собой.

Кривая *a* представляет собою характеристическую кривую более чувствительного материала, а кривая *b*—характеристическую кривую менее чувствительного материала. Кривая *b* идет несколько более круто, чем кривая *a*, чем объясняется некоторое различие в обоих негативах, выражающееся в большем контрасте плотностей у негатива, полученного на менее чувствительном материале.

На той же фигуре показано какую область экспозиции II, нужно использовать для того, чтобы обнаружилась при съемке та разница в показании чувствительности по Шейнеру, которая присуща данным материалам и которая равна, как указывалось выше, 8° Ш. Из диаграммы видно, что часть экспозиций, наиболее слабых, вовсе не дающих заметного почернения в случае материала *b*, дают почернения на материале *a* и что любая из экспозиций, лежащих в области II, воздействующая на оба материала, дает в случае материала *a* значительно больший эффект.

При таком выборе продолжительности экспозиции, когда величины экспозиций попадут в область II, результаты съемки, как видно из рис. 192, будут совершенно иными, чем в предыдущем случае. Менее чувствительная пластинка даст совершенно непригодный для печати негатив вследствие сильной недодержки, тогда как более чувствительная пластинка даст еще вполне удовлетворительный результат.

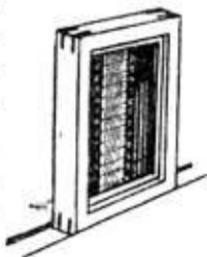


192. То же, что на рис. 190, но снимки произведены с использованием области недодержек.

§ 21 МЕТОД ЭДЕРА. СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ВЕЛИЧИНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПО ШЕЙНЕРУ И ПО ЭДЕРУ

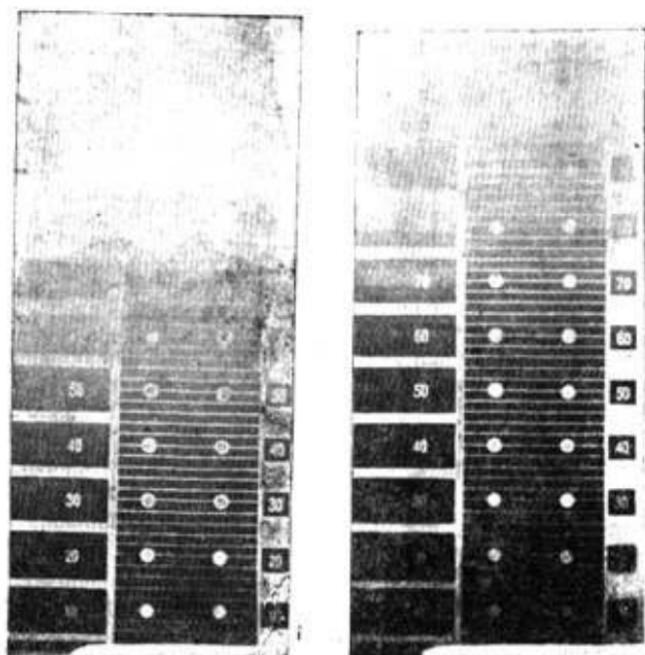
Метод Эдера также основан на определении порога чувствительности, следовательно он принципиально сходен с методом Шейнера. Существенным отличием сенситометра Эдера-Гехта является то, что в нем используется шкала интенсивности посредством уже известного нам оптического клина Гольдберга. Испытуемый материал помещается за таким клином в обыкновенной копировальной рамке. Как нам известно, плотность клина, будучи постоянной для различных точек, лежащих на одной прямой, параллельной продольным обрезам

клина, изменяется в поперечном направлении, и приращение плотности на 1 см расстояния называется константой клина. Ясно, что при соответствующем подборе источника света материал, экспонируемый за клином, получит наименьшее еще заметное почернение против определенной продольной линии, т. е. определенной плотности данного места клина, а за дальнейшими участками клина, плотность которых больше, почернения уже не получится. Общий вид сенситометра представлен на рис. 193.



193. Сенситометр Эдер-Гехта.

Для того, чтобы можно было определить чувствительность при помощи клина в числовых величинах, на наложенный на стеклянной пластинке клин с определенной константой (в сенситометре Эдера используется клин с константой 0,4) наносится сетка, которая делит весь клин на 100 продольных полосок; сетка, покрывается прозрач-



194. Образец сенситограмм полученных в сенситометре Эдера-Гехта.

ной целлюлоидной пленкой, и полученная таким образом трехслойная пластинка окантовывается, после чего она готова для использования. Действие прибора понятно из вышеизложенного. Экспонирование приводится лампой Гефнера с расстоянием 1 м в течение 1 мин. или же с расстоянием 1 м от вспышки 2 мг металлического магния. При-

мерные сенситограммы, полученные с сенситометром Эдера-Гехта, приведены на рис. 194. Величина чувствительности указывается числом (градусов Эдера), стоящим против того места сенситограммы, где еще можно заметить едва различимое почернение. Для отсчета градусов в пределах каждого десятка служат горизонтальные светлые линии.

Приводим таблицу, в которой сопоставлены градусы Эдера с величинами получаемых экспозиций и относительной чувствительности.

Градусы	Экспозиция	Относительная светочувствительность	Градусы	Экспозиция	Относительная светочувствительность
2	36,9	0,47	52	0,36	48,5
4	30,6	0,573	54	0,30	58,3
6	25,8	0,69	56	0,25	70,2
8	21,3	0,83	58	0,21	84,4
10	17,8	1,00	60	0,17	101,6
12	14,7	1,203	62	0,14	122,2
14	12,0	1,45	64	0,12	147,0
16	10,2	1,74	66	0,098	176,8
18	8,4	2,09	68	0,084	212,8
20	7,1	2,52	70	0,071	256,0
22	5,8	3,03	72	0,058	308,0
24	4,9	3,65	74	0,049	370,5
26	4,0	4,39	76	0,040	445,7
28	3,3	5,28	78	0,033	536,0
30	2,8	6,35	80	0,028	645
32	2,3	7,74	82	0,023	776
34	1,9	9,19	84	0,019	934
36	1,6	11,05	86	0,016	1 123
38	1,3	13,3	88	0,013	1 351
40	1,1	16,0	90	0,011	1 625
42	0,93	19,3	92	0,0089	1 955
44	0,75	23,2	94	0,0075	2 352
46	0,62	27,9	96	0,0062	2 829
48	0,53	33,5	98	0,0053	3 404
50	0,44	40,3	100	0,0043	4 094

§ 22. ПЕРЕХОД ОТ ГРАДУСОВ ШЕЙНЕРА К ГРАДУСАМ ЭДЕРА

Если имеются два материала, причем чувствительность одного из них выражена в градусах Шейнера, а чувствительность другого в градусах Эдера, то, чтобы сравнить материалы в отношении их светочувствительности, необходимо перейти от градусов Шейнера к градусам Эдера или наоборот.

Оба способа определения чувствительности — способ Шейнера и способ Эдера — основаны на одном и том же принципе — определении порога чувствительности, и потому, казалось бы, что переход от показания чувствительности, данного одним из этих способов, к показанию чувствительности по другому способу, не может представлять затруднений. Однако в действительности возникает некоторое осложнение, обусловливаемое тем, что одна и та же экспозиция J_t производит в обоих случаях различное действие, и различие это для различных величин экспозиции неодинаково, так что не существует

постоянного соотношения между определенным приращением чувствительности в градусах Шейнера и градусах Эдера-Гехта. Различие в действии одной и той же экспозиции объясняется тем, что в случае сенситометра Шейнера мы имеем дело с прерывистой экспозицией, между тем, как нам известно, что одно и то же количество света тем слабее воздействует на светочувствительный слой, чем меньшими порциями это количество доставляется слою.

Установление соотношения между градусами Шейнера и градусами Эдера-Гехта осложняется кроме того еще тем обстоятельством, что в одном случае мы имели шкалу времени, а в другом шкалу интенсивности. В силу изложенных причин поправка, вводимая для учета различия в способе экспонирования, для различных фотографических материалов неодинакова.

Поэтому таблицы для перевода одних градусов в другие носят приблизительный характер и в отдельных случаях могут оказывать большую или меньшую, впрочем практически незначительную, неточность. Ниже приводится переводная таблица Эдера.

Градусы Шейнера	Градусы Эдера	Градусы Шейнера	Градусы Эдера
1	42	11	68
2	46	12	71
3	48	13	74
4	50	14	77
5	53	15	80
6	56	16	82
7	58	17	84
8	61	18	86
9	64	19	88
10	66	20	90

§ 23. МЕТОД ДЖОНСА И РУССЕЛЯ

На 7-м международном фотографическом конгрессе в 1928 г. Джонс и Руссель сделали сообщение, в котором они изложили сущность нового метода выражения величины светочувствительности фотографического материала.

Как уже указывалось выше, использование только прямолинейного участка характеристической кривой является во многих случаях недостаточным и необходимо использовать известную часть области недоержек.

Для того чтобы установить возможную область использования характеристической кривой, необходимо заметить, что в любом месте кривая характеризуется определенным наклоном по отношению к оси $Ig E$. Если возьмем какую-либо точку на характеристической кривой, например точку A (рис. 195) и проведем через эту точку касательную к кривой, то угол, составленный этой касательной с горизонтальной линией, проведенной через ту же точку, или иначе говоря—с осью $Ig E$, и будет выражать собой наклон характеристической кривой к этой оси в данной точке.

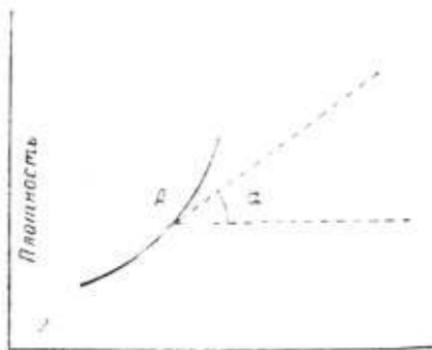
Обычно наклон характеризуется величиной не самого угла, а тангенсом этого угла $tg \alpha$. Эта величина называется **градиентом** характеристической кривой. Он изменяется от точки до точки, постепенно

возрастая в области недодержек с увеличением $\lg E$. В области нормальных экспозиций градиент становится постоянным и называется гаммой.

Из дифференциального исчисления известно, что $\operatorname{tg} \alpha$ геометрически выражает первую производную данной функции; аналитическое выражение первой производной, как известно, будет $\frac{dD}{d \lg E}$; она есть отношение дифференциала функции dD к дифференциалу независимого переменного $d \lg E$.

Подобно тому, как гамма — отношение некоторого приращения функции ΔD к приращению независимого переменного $\Delta \lg E$ — характеризует собою контрастность материала или степень контрастности изображения по сравнению с контрастностью оригинала в области нормальных экспозиций, точно так же градиент $\frac{dD}{d \lg E}$ — отношение дифференциалов функции и аргумента — характеризует контрастность материала в области слабых экспозиций или недодержек. (То же самое понятие применимо конечно и к области передержек).

Возникает вопрос, какое предельное значение градиента является достаточным для получения удовлетворительного воспроизведения оригинала. Вполне очевидно, что если градиент, т. е. $\operatorname{tg} \alpha$, а следовательно и угол α , очень мал в данном месте характеристической кривой, т. е. если кривая идет почти параллельно оси $\lg E$, то плотность возрастает очень медленно с увеличением логарифма экспозиции, т. е. передача незначительных различий яркости сюжета будет невозможна. Это поясняется на рис. 196, из которого видно, что чем меньше градиент, т. е. чем более отлого поднимается кривая



195. Градиент характеристической кривой в точке A равен $\operatorname{tg} \alpha$.

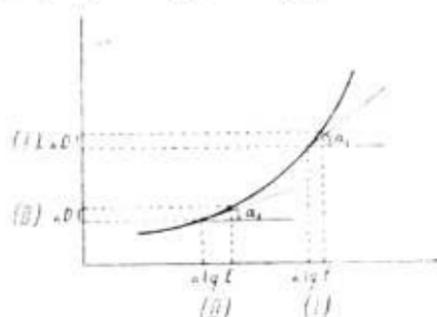
в данном месте, тем большая разница экспозиций $\Delta \lg E$ требуется для того чтобы получить определенную разницу плотностей. Предположим, что ΔD есть та разница плотностей негативного изображения, которая еще воспринимается глазом. Чтобы получить эту разницу плотностей в случае, обозначенном (I), требуется разница логарифмов экспозиций $= \Delta \lg E (I)$. В области же более слабых экспозиций для получения той же разницы плотностей $|\Delta D (II)| = \Delta D (I)$ требуется гораздо большая разница логарифмов экспозиции $\Delta \lg E (II)$, т. е. большая разница яркостей сюжета. Наоборот, та же разница яркостей, что и в случае (I), дает такую разницу плотностей, которая уже не будет восприниматься глазом, потому что она будет меньше, чем ΔD . Таким образом, только в том случае, когда градиент достигает некоторого определенного значения, возможно достичь воспроизведения определенных различий яркости. Детальное изучение очень большого количества снимков (негативов) привело к заключению, что можно использовать часть области не-

додержек, начиная от точки, в которой градиент равен 0,2. Это величина называется минимальным полезным градиентом. Точке *C* на кривой, градиент которой равен минимальному полезному градиенту, соответствует некоторая величина логарифма экспозиции, $\lg E_m$ и некоторая величина экспозиции E_m , которая и будет характеризовать собою чувствительность материала по его минимальному полезному градиенту.

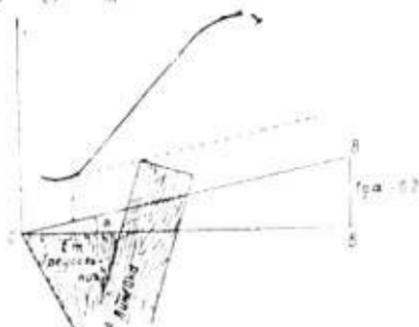
$$\text{Чувствительность} = \frac{10}{E_m}$$

где E_m есть выраженная в секундо-метро-свечах величина экспозиции соответствующая минимальному полезному градиенту. Чем меньше E_m , тем очевидно чувствительность будет больше и обратно.

Чтобы найти экспозицию E_m , можно построить следующим образом. Построить ряд касательных к характеристической кривой в различных ее точках, выбрать из них ту касательную, которая образует с осью $\lg E$ угол, тангенс которого равен 0,2, и опустить из точки касания перпендикуляр на ось $\lg E$. Основание этого перпендикуляра и будет определять абсциссу $\lg E_m$, следовательно и ве-



196. Равные приращения ΔD получаются в результате неравных приращений $\Delta \lg E$.



197. Определение точки, соответствующей минимальному полезному градиенту.

личину экспозиции E_m соответствующую минимальному полезному градиенту. После этого чувствительность вычисляется по формуле

$$\frac{10}{E_m}$$

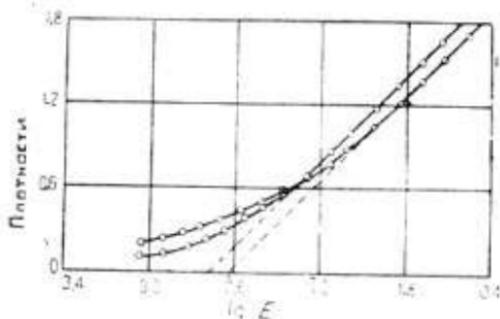
Проще поступить так (рис. 197). На оси абсцисс строим угол, тангенс которого равен 0,2. Если длина оси от начальной точки *O* до конца ее *B* равна например 40 мм, то от точки *B* надо отложить по вертикали отрезок BB' такой величины, чтобы

$$\frac{BB'}{OB_1} = \text{tg } \alpha = 0,2,$$

т. е. $\frac{BB'}{40 \text{ мм}} = 0,2$. Следовательно $BB_1 = 40 \text{ мм} \cdot 0,2 = 8 \text{ мм}$. Соединив точки *O* и *B'*, получим треугольник $OB'B$ с углом $B'OB$, тангенс которого равен 0,2. Располагаем треугольник так, чтобы катет его совпадал с линией OB' и двигаем его вдоль линейки так, чтобы этот катет перемещался параллельно самому себе, следовательно и параллельно линии OB' . Движение продолжаем до соприко-

сновения треугольника с характеристической кривой. Точка касания и будет являться точкой минимального полезного градиента.

Так как использование области недодержек с соблюдением условия удовлетворительного воспроизведения различий яркостей, т. е. деталей сюжета, является с практической стороны весьма существенным, метод Джонса и Русселя несомненно имеет большое значение для всех тех случаев фотографирования, когда имеют место только что указанные условия и требования. Однако ввиду того, что он предложен очень недавно, он еще не получил распространения.



198. Разница в результатах определения чувствительности по точке инерции и по величине минимального полезного градиента.

ного участка один и тот же). Стрелками указаны точки в области недодержек каждой из кривых, где градиент

$$\frac{dD}{d \lg E} = \operatorname{tg} \alpha = 0,2.$$

Правая кривая соответствует материалу *A*, левая — материалу *B*. Ниже приведены значения чувствительности, определенные по точке инерции $\frac{10}{i}$ и по точке, соответствующей каждому минимальному

градиенту $\left(\frac{10}{E_{\min}} \right)$:

	10 <i>i</i>	10 <i>E</i> _{min}
<i>A</i>	220	1 360
<i>B</i>	269	720

Мы видим, что если принять за основу для измерения чувствительности точку инерции, то в этом случае материал *B* оказывается более чувствительным, чем материал *A*. Если же определять чувствительность по минимальному полезному градиенту, то чувствительность материала *A* оказывается почти в два раза большей, чем чувствительность материала *B*. Приводя этот пример Джонс и Руссель говорят: „это прекрасно иллюстрирует часто встречающийся случай, когда материал, имеющий сравнительно низкую чувствительность по

В своем докладе Джонс и Руссель приводят чрезвычайно интересный пример того, насколько различны могут быть результаты измерения чувствительности при использовании точки инерции с одной стороны и минимального полезного градиента — с другой.

На рис. 198 представлены характеристические кривые двух материалов. Время проявления выбиралось таким образом, чтобы получалась в обоих случаях одинаковая гамма (наклон прямолиней-

Хертеру и Дриффильду, может на практике оказаться очень чувствительным благодаря тому, что нижняя часть кривой далеко уходит в область слабых экспозиций, причем все же наклон кривой не переступает значения минимального полезного градиента".

В своем докладе Джонс и Руссель приводят результаты определения чувствительности по величине минимального полезного градиента и по точке инерции. Они исследовали, как изменятся величины инерции i и величины E_m для различных продолжительностей проявления, т. е. для различных величин гамм, причем исследование касалось десяти различных негативных и позитивных материалов, начиная с материалов мало чувствительных и кончая высокочувствительными. Как инерция i , так и экспозиция E_m , соответствующая минимальному полезному градиенту, уменьшаются с увеличением продолжительности проявления (с возрастанием гаммы), но соотношение между ними не остается одинаковым, но изменяется в той или иной степени, причем для различных материалов это изменение различно. Способ Джонса и Русселя избегает как недостатка, присущего способу Хертера и Дриффильда, так и недостатка, присущего способу Шейнера или Эдера. В определении чувствительности по инерции происходит, как мы видели, известная недооценка значения области недодержек, практически очень важной во многих случаях. В определении же чувствительности по порогу происходит известная переоценка области недодержек, потому что в начале области недодержек характеристическая кривая поднимается очень отлого, и поэтому воспроизведение деталей, т. е. отдельных частей сюжета, различающихся по своим яркостям, в этой области невозможно. Наоборот в способе Джонса и Русселя область недодержек учитывается в связи с требованием воспроизведения различий яркости. Что касается величины полезного минимального градиента 0,2, то последняя не является абсолютно точной и одинаково справедливой для различных случаев съемки, но с известным приближением вполне оправдывается данными практики, особенно в области киносъемки. Таким образом метод Джонса и Русселя имеет несомненное практическое значение.

§ 24. ПОНЯТИЕ О ПОЛЕЗНОЙ ШИРОТЕ

Выше мы указывали, что ширина эмульсии есть величина, определяемая геометрически проекцией прямолинейного участка характеристической кривой на ось логарифмов экспозиций. Если пользоваться для характеристики эмульсии величиной минимального полезного градиента, то ширина будет определяться проекцией уже не прямолинейного участка, но более длинной части характеристической кривой. Что касается использования области недодержек, то здесь значение минимально полезного предмета, равное 0,2, можно принять лишь условно, так как передача деталей яркости здесь не будет вполне аналогична с передачей ее в области недодержек. Если принять указанное значение минимального полезного градиента для области недодержек и передержек, то проекция участка характеристической кривой, ограниченной точками, в которых градиент равен значению минимального полезного градиента, будет выражать собой полезную широту эмульсии.

§ 25. СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ЗНАЧЕНИЯМИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ, ОПРЕДЕЛЕННОЙ ПРИ ПОМОЩИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ

В предыдущем изложении при рассмотрении различных методов определения чувствительности мы отчасти уже осветили вопрос о переходе от показания чувствительности одним методом к показанию чувствительности, выраженной в форме соответствующей другому методу. Только в отношении способа Шейнера и Эдера-Гехта, которые оба основаны на одном принципе,—на определении чувствительности по величине порога,—этот переход возможен и является более или менее точным. Наоборот в других случаях, например при сопоставлении данных светочувствительности по Хертеру и Дриффильду и по Джонсу и Русселю, оказывается, что соответствия здесь не наблюдается, так как может быть случай, когда один материал, более чувствительный по Хертеру и Дриффильду по сравнению с другим, оказывается относительно менее чувствительным при определении чувствительности в виде минимального полезного градиента. Чрезвычайно условным и во многих случаях неточным является также переход от выражения чувствительности по порогу к выражению чувствительности по инерции.

Отсутствие постоянного однозначного соответствия между величинами светочувствительности, выраженной различными методами, объясняется тем, что эти методы выражают в сущности различные характерные свойства эмульсии, не связанные между собой определенными постоянными соотношениями. Поэтому было бы всего правильнее для полной характеристики эмульсии экспериментально определять чувствительность различными способами, что конечно в промышленности практически затруднительно ввиду сложности такой работы. В отдельных случаях, как уже упоминалось выше, тот или иной способ выражения чувствительности представляет определенные преимущества перед другим.

Для перехода от одной системы к другой при выражении чувствительности было предложено много таблиц, но все они носят лишь приблизительный характер, т. е. неточны в большей или меньшей степени; они могут быть более или менее справедливы в отношении одних материалов и оказываться несостоятельными в отношении других. Такая таблица приведена в части IV, глава I.

Как другие переводные таблицы, данная таблица только приближительна. Несмотря на то, что она была проверена на большом количестве различных фотоматериалов и оказалась в отношении их вполне практически пригодной, она все же не является абсолютно правильной и точной, и в случае других материалов возможны большие или меньшие отклонения, что следует иметь ввиду читателю.

Рассмотрение вопроса о светочувствительности пластинки (а с этой величиной, как указано, связана и широта) приводят нас к следующим основным выводам. Существующие методы определения светочувствительности существенно различаются между собой и определяют различные свойства эмульсии, между которыми нет определенного соответствия, если сравнивать различные эмульсии. Переход от показаний чувствительности, найденных из опыта при помощи определенного метода, к показаниям чувствительности, вы-

раженным при помощи другого метода, является проблематичным; в одних случаях этот переход дает более точные результаты, в других—менее точные, включительно до грубых ошибок. Каждый из методов определения светочувствительности характеризуется своими преимуществами и недостатками и наиболее пригоден лишь для определенных целей. Так например метод определения порога чувствительности особенно важен тогда, когда приходится работать в условиях слабых освещений и когда имеется в виду использовать в максимальной возможной степени способность пластинки чернеть под действием света. Метод минимального полезного градиента важен очевидно во всех тех случаях, когда необходимо достаточно правильное воспроизведение оригинала и когда в то же время является необходимым или же возможным использовать область недодержек. Метод Хертера и Дриффильда имеет в виду главным образом условия пропорциональной, нормальной передачи. Область недодержек не учитывается им в должной степени, как в методе Джонса, поэтому способ не вполне удовлетворяет требованиям практики.

ГЛАВА V

ИСПЫТАНИЕ ЦВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

§ 26. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Чувствительность фотографического материала к белому свету, состоящему из лучей различных длин волн, не является достаточно-полной характеристикой во всех тех случаях, когда приходится фотографировать объект, окрашенный в тот или иной цвет, или совокупность объектов различных цветов. Поэтому кроме общей чувствительности или чувствительности к белому свету, существенно важной характеристикой негативных материалов является также их **цветочувствительность**. Представление о различной чувствительности фотоматериалов к лучам света различных длин волн можно получить, отбросив солнечный свет на светочувствительную поверхность материала и после достаточной экспозиции проявив полученный снимок. Нетрудно убедиться, что наибольшее почернение на пластинке получится в том месте, где на нее падали синие и фиолетовые лучи, а затем степень почернения быстро падает; таким образом, чувствительность в области зеленых и особенно желтых, оранжевых и красных лучей оказывается ничтожной. Чувствительность обыкновенной пластинки или пленки распространяется кроме того далеко в область ультрафиолетовых лучей, но для доказательств этого нельзя пользоваться при получении спектра стеклянной оптической системой вследствие того, что стекло очень сильно поглощает ультрафиолетовые лучи. Поэтому пользуются вместо стекла кварцем, который легко пропускает эти лучи.

Малая чувствительность обыкновенной фотографической негативной пластинки к большей части спектра, соответствующей большим длинам волн, является крайне существенным ее недостатком. Как известно читателю, визуальная или оптическая яркость спектра имеет максимум в желтой части (почти совпадая с фраунгоферовой линией *D*, т. е. желтый цвет для глаза представляется наиболее ярким;

между тем, максимум чувствительности галоидных соединений серебра лежит в области более коротких волн, в сине-фиолетовой части видимого спектра. Отсюда становится вполне понятным, что фотографическое воспроизведение сюжета, окрашенного в различные цвета, при использовании обыкновенной пластинки неизбежно будет сильно искаженным. Изображение букета ярких желтых ромашек и синих васильков будет в смысле воспроизведения яркости цветов как раз обратно оригиналу. Участки с высокой визуальной яркостью дадут на негативе лишь очень слабые почернения и на позитиве получатся поэтому очень темными. Участки с малой визуальной яркостью выйдут на позитиве очень светлыми.

Этот существенный недостаток фотографических слоев с чистыми соединениями бромистого серебра и других галоидных соединений серебра был устранен благодаря открытию и развитию способов очувствления галоидных серебряных эмульсий при помощи различных красителей. Благодаря примеси этих красителей, взятых в ничтожных количествах, более или менее сильно повышается чувствительность фотографической пластинки к лучам с большими длинами волн.

Начало этой важной области фотографической науки было положено проф. Фогелем, в 1873 г. В результате длинного ряда исследований, которые были произведены с того времени и продолжают различными исследователями сейчас, удалось получить материалы с различной чувствительностью, распространяющейся на более или менее широкую часть видимого спектра или на весь видимый спектр и дальше—в область инфракрасных лучей. Вопросы, касающиеся способов очувствления, а также применения так называемых ортохроматических и панхроматических материалов, рассматриваются в других местах этой книги, здесь же мы только вкратце изложим методы испытания цветочувствительности, что составляет одну из важных задач сенситометрии.

§ 27. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ ИСПЫТАНИЯ ЦВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Методы испытания цветочувствительности очень разнообразны. Одни из них преследуют цель возможно более точного испытания цветочувствительности и отличаются более или менее значительной сложностью и дороговизной необходимого оборудования, другие — более просты, менее точны, но удовлетворяют многим практическим целям.

Из точных способов испытания цветочувствительности мы вкратце рассмотрим спектрографический метод.

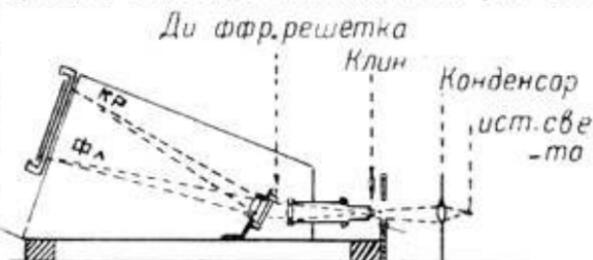
Прибор, называемый спектрографом, схематически представлен на рис. 199. Для получения спектра излучения, исходящего из источника, служит дифракционная решетка, дающая так называемый нормальный спектр. Свет направляется конденсором на узкую прямоугольную щель. Если после экспонирования измерить подходящим для этой цели денситометром плотности, соответствующие лучам различных длин волн, то затем можно построить кривую, выражающую зависимость между степенью почернения и соответствующей длиной волны (рис. 200). Вся эта работа, принцип которой здесь

указан, очень длительна и требует большой тщательности, но зато дает наиболее точные данные. Для избежания этой длинной процедуры, там, где не требуется особой точности, пользуются оптически нейтральным серым клином, который помещается перед освещенной щелью спектрографа и таким образом экспозиции, сообщаемые полоскам материала в любом месте, будут постепенно уменьшаться в направлении, перпендикулярном длине спектральной полосы. В результате получаются спектрограммы, подобные показанным на рис. 152.

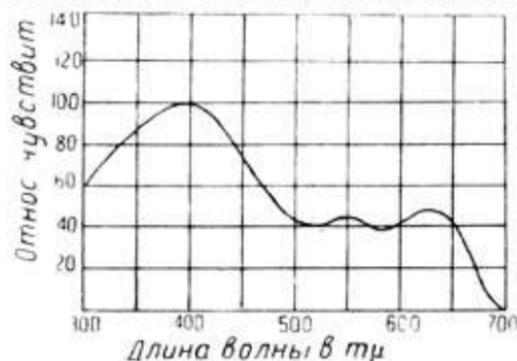
Кассета с испытуемым материалом снабжена шкалой длин волн, установленной так, что при экспонировании она отпечатывается автоматически вместе с изображением спектра в нужном положении.

Получающаяся спектрограмма имеет вид светлой площади на

темном фоне, нерезко ограниченной некоторой кривой линией, форма которой характеризует собой цветочувствительность материала. Ордината какой-либо точки этой кривой очевидно характеризует собой величину чувствительности в отношении излучения с длиной волны, указанной у ее основания на отпечатке шкалы. Необходимо иметь в виду, что плотность оптического клина изменяется, как нам известно, пропорционально его длине, а следовательно экспозиции вдоль щели уменьшаются от одного конца ее к другому в логарифмической последовательности. Употребляемый в спектрографе клин должен конечно быть по возможности оптически нейтральным. Однако в действительности поглощение излучения с более короткими длинами волн (меньше 440 м.м.) все же преобладает, что сказывается на ре-



199. Схема спектрографа.



200. Кривая спектральной чувствительности панхроматической пленки.

представленных на рис. 201, качество

полуденному солнечному свету, т. е. естественным условиям фотографической съемки.

Кроме спектрографического измерения цветочувствительности для точных измерений ее применяются еще монохроматические

результатах. Поэтому употребляются также спектрографы, где изменение освещения вдоль щели достигается не с помощью клина, а использованием специальной несферической конденсатной системы с диафрагмой.

Напомним читателю, что характер получаемых спектрограмм конечно определяется, помимо свойств материала составом излучения, исходящего из источника света. В случае спектрограмм,

источника света соответство-

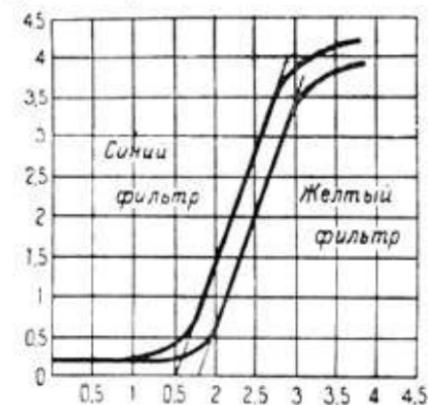
вало полуденному солнечному свету, т. е. естественным условиям фотографической съемки.

Кроме спектрографического измерения цветочувствительности для точных измерений ее применяются еще монохроматические

сенситометры, в которых полоска испытуемого света подвергается воздействию монохроматического света определенной длины волны. Полоске дается ряд экспозиций, в результате чего получается ступенчатый негатив. Измерив полученные плотности, можно построить характеристическую кривую, выражающую функциональную зависимость между плотностью и логарифмом экспозиции для излучения данной длины волны. Экспонируя в одинаковых условиях несколько полосок и проявляя их в течение различных сроков, получают семейство характеристических кривых для различных продолжительностей проявления, соответствующее данной длине волны. Построив такие семейства кривых для излучений различных длин волн, можно получить точные и полные сведения о цветочувствительности материала.

Для большинства практических целей применяются более простые методы определения чувствительности, к которым относятся: экспонирование материала через окрашенные фильтры, а также фотографирование различных цветных таблиц.

При использовании фильтров выделяется более или менее широкая часть спектра, пропускаемая фильтром, и следовательно исследуется действие всей этой полосы в отношении какого-либо материала. Простейший способ заключается в использовании двух фильтров,



201. Характеристические кривые, полученные при экспонировании через фильтры.

ктра, соприкасающихся собою при различных экспозициях или производя только один снимок, пользуясь спектрографом с клином.

2. Для изготовления желтого фильтра растворяют в воде 40 г хромовокислого калия и добавляют воды до 1 000 см³.

Эти жидкие фильтры наливаются в сосуды с параллельными стенками, расстояние между которыми равно 10 мм, соответственно с чем рассчитывается концентрация растворов указанных выше.

Если между источником света и экспонируемым в сенситометрах или под клином Гольдберга материалом поместить сначала один фильтр, а затем другой и оба раза сообщать материалу одинаковый ряд экспозиций, то можно построить две характеристические кривые соответствующие излучениям, пропускаемым каждым из фильтров.

Рис. 201 иллюстрирует результат подобного испытания. Левая кри-

зов, из которых один пропускает одну половину спектра, второй — другую половину. Такие фильтры можно получить, используя следующие растворы:

1. Для изготовления синего фильтра растворяют 25 г медного купороса (CuSO₄ · 5 H₂O) в 500 см³ воды (примерно) и прибавляют такое количество аммиака, чтобы первоначально образовавшийся осадок гидрата окиси меди растворился сполна, причем получается раствор красивого синего цвета. После этого добавляют воды до 1000 см³.

Следующими способами: или получают последовательно на одной пластинке несколько снимков спек-

тра, соприкасающихся собою при различных экспозициях или производя только один снимок, пользуясь спектрографом с клином.

2. Для изготовления желтого фильтра растворяют в воде 40 г хромовокислого калия и добавляют воды до 1 000 см³.

Эти жидкие фильтры наливаются в сосуды с параллельными стенками, расстояние между которыми равно 10 мм, соответственно с чем рассчитывается концентрация растворов указанных выше.

Если между источником света и экспонируемым в сенситометрах или под клином Гольдберга материалом поместить сначала один фильтр, а затем другой и оба раза сообщать материалу одинаковый ряд экспозиций, то можно построить две характеристические кривые соответствующие излучениям, пропускаемым каждым из фильтров.

вая соответствует синему фильтру, правая—желтому. Разность инерций равняется 0,3, что соответствует соотношению экспозиций 1:2. Следовательно, можно сказать, что чувствительность данного материала к сине-фиолетовой части спектра вдвое больше, чем к красной части.

Для испытания панхроматических эмульсий употребляются трехцветные фильтры, которые делят весь видимый спектр на три приблизительно равные части: сине-фиолетовую, желто-зеленую и оранжево-красную.

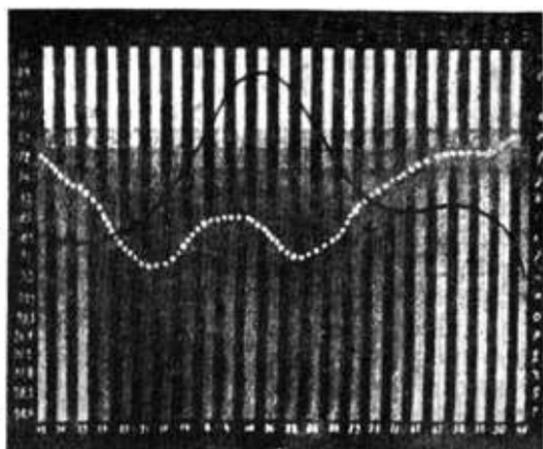
Жидкие трехцветные фильтры готовятся по следующим рецептам:

А. Кристалл-виолета, химически чистого	0,1 г
Дистиллированной воды	1 000 см ³
Б. Тартризина, химически чистого	0,50 г
Кармина, химически чистого	0,25 "
Нафтолгрюна, химически чистого	0,25 "
Дистиллированной воды	1 000 см ³
В. Рапид-фильтрата	0,1 г
Дистиллированной воды	1 000 см ³

Кроме жидких фильтров широко применяются цветные фильтры в виде окрашенных таблиц. Сюда относятся трехцветные фильтры.

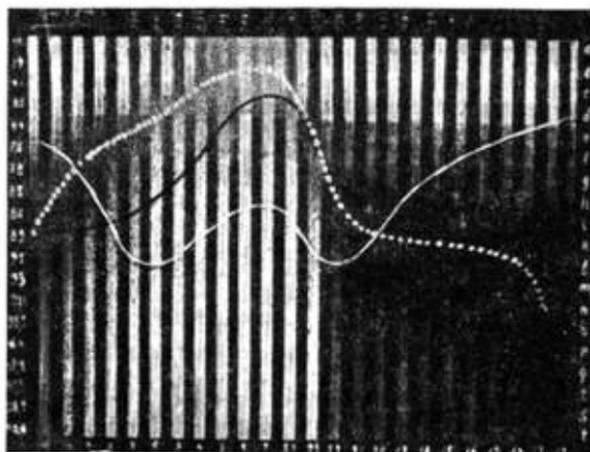
Рэтгена: красный, зеленый и синий. Цветные фильтры применяются также в сенситометре Эдера-Гехта, где имеет четыре цветные полоски: синего, зеленого, желтого и красного цвета. При определении по сенситометру Эдера-Гехта общей чувствительности одновременно производится экспонирование через фильтры, и после проявления можно отсчитать величины порога чувствительности для каждого из четырех фильтров.

При всех измерениях чувствительности к различным областям спектра при помощи фильтров приходится иметь в виду то обстоятельство, что прозрачность каждой части трехцветного или иного цветного фильтра в отношении той области лучей, которые пропускаются этой частью, неодинакова. Поэтому, если сообщить слою через все части цветного фильтра равные по продолжительности экспозиции, то результаты нельзя непосредственно сравнивать между собой, а необходимо ввести некоторые поправки, посредством которых учитывается степень прозрачности каждой из частей цветного фильтра.



202а. Таблица Лагорно а темная линия—кривая визуальной яркости. Белая точечная линия—кривая цветочувствительности испытуемой пластинки.

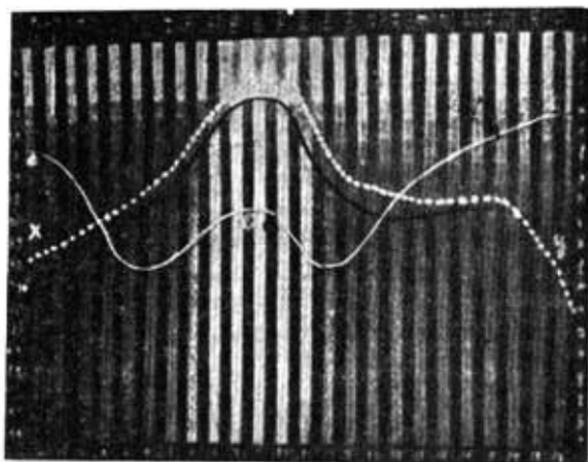
Последний из способов, на котором мы, вкратце остановимся, заключается в фотографировании цветных таблиц. Примером их может служить трехцветная таблица, состоящая из цветов: синего, желтого и красного. Более простая таблица, предназначенная для ортохроматических пластинок, состоит из двух цветов: синего и желтого. Рекомендуется, чтобы таблица имела рядом шкалу серых тонов, которая фотографируется одновременно и в дальнейшем позволяет сравнивать степени почернения, полученные для различных цветов, со степенями почернения шкалы. Главным недостатком цветных таблиц является то, что таблица в значительной степени отражает своей поверхностью белый свет, вследствие чего получающиеся почернения зависят не только от цветных лучей, но и в значительной степени от действия белого света.



202а. Действие светофильтра. Белая точечная линия — кривая цветочувствительности. Сравнение с прежней кривой, представленной сплошной белой линией, дает представление о действии светофильтра.

Интересный вид цветных таблиц предложен недавно Лагорио (рис. 202а). Таблица состоит из 24 цветных полос, расположенных

в порядке спектральных цветов. В промежутках между ними и с каждого края находятся серые полосы, все совершенно одинаковые. Плотность каждой серой полосы изменяется ступенчато, по логарифмическому закону, от одного конца полосы к другому. При рассматривании такой таблицы для каждой цветной полосы и соседней с ней серой полосы можно найти точку, в которой яркости цветной полосы и серой полосы — одинаковы. Такие же точки можно найти и для каждой из остальных цветных полос. В результате, рассматривая таблицу Лагорио, можно наметить кривую линию



202с. То же что на рис. 202 в, но взят другой светофильтр, рассчитанный при помощи таблицы Лагорио.

мест равной яркости цветных и серых полос, т. е. кривую визуальной яркости. Возможно точное построение этой кривой имеет большее значение потому, что с ней приходится сравнивать результаты фотографирования цветной таблицы. Для того чтобы по возможности исключить влияние субъективных ошибок, для определения кривой визуальной яркости были приглашены Лагорио десять лиц: пять художников и пять—люди с нормальным зрением, прошедшие специальное медицинское испытание. Расхождения в мнениях между отдельными лицами были сравнительно очень велики, наибольшее — области зеленых лучей. Построенная кривая визуальной яркости наносится на лист целлюлоида, который накладывается на таблицу Лагорио. При фотографической съемке таблицы эта кривая автоматически отпечатывается в виде темной линии.

Испытание фотографического материала с помощью таблицы заключается в следующем. Таблица фотографируется на материале, подлежащем испытанию, и затем находятся точки равной плотности, т. е. одинаково почерневшие места для изображений цветных полос и соседних с ними изображений серых ступенчатых полос. Полученные таким образом точки образуют кривую, характеризующую передачу цветов данным материалом (рис. 202 а). Сравнение этой кривой визуальной яркости дает ясное представление о различии в восприятии цветов глазом и воспроизведении их пластинкой (в данном случае—панхроматической). На рис. 202 б и в приведены кривые для панхроматической пленки, показывающие действие светофильтра. Кривая цветочувствительности, показанная пунктиром, значительно изменила свою форму, которая теперь приближается к форме кривой визуальной яркости гораздо больше, чем раньше. Особенно хорошее совпадение кривой визуальной яркости и кривой цветочувствительности со светофильтром имеем в случае, показанном на рис. 202 с. Таблица Лагорио позволяет также производить расчет светофильтров. Ограничиваясь этими краткими сведениями, отсылаем за более подробными к специальной литературе, указываемой ниже.

§ 28. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛИСТ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ КРИВЫХ

На горизонтальной оси, представляющей основание листа (см. рис. 203) откладываются логарифмы экспозиций. На верхней горизонтальной оси откладываются величины самих экспозиций в единицах *CMS*. Как видно из диаграммы, экспозиции последовательно возрастают вдвое, начиная от 0,078 *CMS* и до 320 *CMS*, что соответствует возрастанию логарифмов приблизительно от 1,0 до 2,5. На левой вертикальной оси построен тот же масштаб, что и на оси $\lg E$ для отсчета плоскостей D ($\lg O$), причем шкала простирается от 0 до 3,0. На правой вертикальной оси имеется тождественная шкала для графического определения и отсчета величины γ . Отрезок от точки O до вертикальной черты на оси $\lg E$ равен единице масштаба и используется для определения гаммы способом, описанным выше. В случае наличия нескольких характеристических кривых, построенных для различных продолжительностей проявлений, значение γ определяется для каждой из них.

Под осью $\lg E$ имеется шкала для определения инерции. Если спроектировать ортогонально точку инерции, полученную известным способом на оси $\lg E$, то деление на шкале инерции даст прямо величину чувствительности по формуле $\frac{34}{i}$. Чтобы перейти к величине чувствительности по формуле $\frac{10}{i}$ достаточно отсчитанное по шкале число разделить на 3.4. Подобным образом не трудно определить по шкале чувствительность по величине минимально полезного

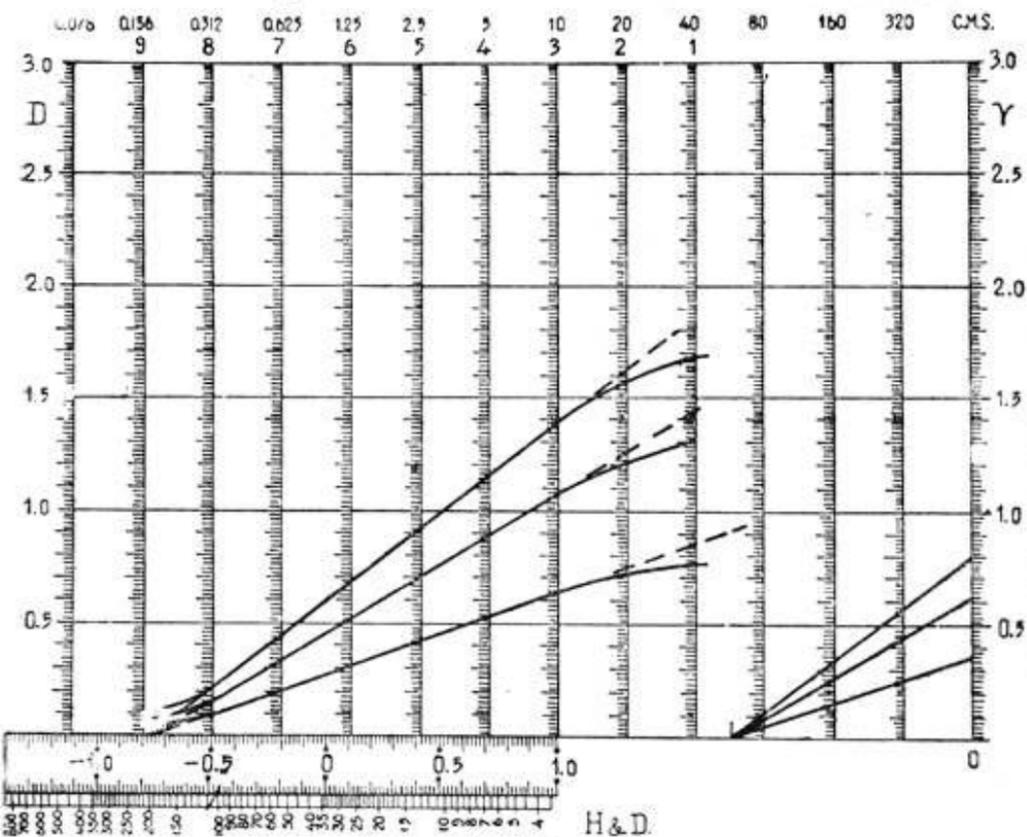


Рис 203.

градиента—соответственно формуле $\frac{10}{E_m}$. Деления на шкале инерции нанесены в логарифмическом масштабе, так как они соответствуют величинам экспозиций, а не их логарифмам.

На рис. 203 построено семейство характеристических кривых для трех сроков проявления—2 мин., 4 мин. и 8 мин. Из рассмотренного рисунка видно, что пластинки, представленные характеристическими кривыми рис. 203 мало контрастны: гамма при восьмиминутном проявлении достигает величины 0,8. Чувствительность их—190 по Хертеру и Дриффильду. По графику нетрудно найти также широту эмульсии; она приблизительно равна 1,3, в чем нетрудно убедиться, спроектировав прямолинейный участок характе-

ристической кривой на ось логарифмов экспозиций. Следует в заключение указать, что приведенная форма испытательного листа является упрощенной. Обычно на испытательном листе приводятся еще данные о цветочувствительности в виде спектрограммы, дается кривая „время проявления—гамма“ и в табличке выписываются найденные числовые величины чувствительности, гаммы, широты и проч.

ВОПРОСЫ

1. Что называется экспозицией? От каких двух величин и как она зависит?
2. Как изменяется интенсивность и спектральный состав лучеспускания с повышением температуры тела, излучающего свет? Как влияют на лучеспускание свойства нагреваемого тела?
3. Что такое цветовая температура?
4. Опишите стандартный источник света, принятый в сенситометрии.
5. Какие существуют два типа сенситометров?
6. Нарисуйте схематически диск сенситометра Хертера и Дриффильда.
7. Опишите сущность действия сенситометра Хертера и Дриффильда.
8. Опишите сущность устройства и действия клина Гольдберга. В чем заключается разница в экспозициях, даваемых диском и клином?
9. Напишите формулу широты объекта.
10. Дайте определение прозрачности, непрозрачности и плотности. Выведите соотношение между плотностью и непрозрачностью.
11. Могут ли два слоя серебра с различными количествами серебра на единицу поверхности иметь одинаковую плотность?
12. Дайте понятие о соотношении между шкалой времени и шкалой интенсивности.
13. Постройте чертежи, иллюстрирующие сущность способов измерения плотности.
14. В чем сущность закона почернения, т. е. какова зависимость между плотностью и экспозицией?
15. Что такое характеристическая кривая, какие три части мы в ней различаем и чем каждая из них характеризуется?
16. Изменится ли форма характеристической кривой при вычитании вуали?
17. Что называется контрастностью материала? Какой формулой она выражается?
18. В чем состоит принцип подбора негативного материала применительно к контрастности сюжета?
19. Как влияет на величину гаммы продолжительность проявления и состав проявляющего раствора?
20. Что такое точка инерции? Как влияет на нее наличие квт-ч в проявляющем растворе?
21. Какие еще условия проявления играют важную роль при сенситометрических испытаниях?
22. Объясните, почему продолжительность экспозиции при известных условиях может колебаться и это не будет неблагоприятно влиять на качество фотографического воспроизведения.
23. Как вычисляется допустимое колебание экспозиции.
24. Укажите сущность определения чувствительности по Хертеру и Дриффильду. В чем недостатки этого способа?
25. В чем состоит сущность способа Шейнера его недостатки? В чем заключается метод Эдера?
26. Какую цель преследовали Джонс и Руссель разработкой нового метода определения чувствительности?
27. Что такое градиент? Какое предельное значение градиента является достаточным для получения удовлетворительного воспроизведения снимаемого оригинала?
28. Возможен ли точный переход от показания чувствительности по одному способу к показанию чувствительности другим способом? Дайте ответ на этот вопрос в отношении каждого способа.

29. Охарактеризуйте в общих чертах цветочувствительность различных сортов пластинок—обыкновенных, ортохроматических и панхроматических.

30. В чем состоит сущность стеклографического способа, способа монохроматического сенситометра и способа цветных таблиц? Что такое цветные таблицы Лагорно и как они используются?

31. Постройте чертеж испытательного листа. Объясните, как строятся семейство характеристических кривых, как определяются гамма и чувствительность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. ЛОБЕЛЬ и М. ДЮБУА, Сенситометрия. Пер. с немецкого М. А. Белюсовой под ред. В. А. Яштолд-Говорко и К. И. Мархляевич. Изд. Журналобъединения, 1932.

Книжка написана популярно, с практическим уклоном и является единственным на русском языке кратким руководством по сенситометрии.

2. К. НЭБЛИТ, Общий курс фотоаграфии. Пер. с английского под редакцией проф. К. В. Чибисова и Б. В. Недзвецкого, т. II и III, Изд. „Огонек“, 1931—1932 г.

В книге имеется изложение общих основ сенситометрии и сенситометрии позитивного процесса. Изучение сенситометрии по этому руководству требует основательной физико-химической и математической подготовки.

3. ПРОФ. Е. ГОЛЬДБЕРГ, Образование фотоаграфического изображения. Пер. с немецкого К. А. Колосова под ред. проф. А. И. Рабиновича. Изд. „Огонек“, 1930 г.

Книга требует серьезной подготовки и трудна для чтения вследствие сжатого изложения.

4. А. ГЮБЛЬ, Ортохроматическая фотография и светофильтр. Пер. с немецкого под ред. Улович. Изд. Текинопечать, 1929 г.

5. Д. ДЖОНС, М. ДЭНДОН и Д. КРЕБТРИ, Фотографирование на цветочувствительных материалах. Пер. П. К. Васильева. Изд. Текинопечать, 1929 г.

Для подробного изучения сенситометрии можно указать на следующие большие статьи на английском языке.

6. Л. ДЖОНС, Фотографическая сенситометрия. Помещена в журнале Journal of the Society of Motion Picture Engineers, октябрь и ноябрь 1931 г. и январь и март 1932 г.

Обширная обзорная статья, охватывающая все важнейшие проблемы сенситометрии.

7. Л. ДЖОНС, Контраст фотографических бумаг, Journal of Franklin Institute, 1927.

Обширное исследование сенситометрии позитивного процесса.

Помимо этой основной литературы указываем еще ряд статей в русских и иностранных журналах, использованных авторами и представляющих интерес для читателя, желающего более подробно, но оригинальным источником, проработать отдельные вопросы сенситометрии.

8. „ПРОЛЕТАРСКОЕ ФОТО“, 1931 г. № 1 и 2 и 1932 г. № 1. Проф. Я. М. КАТУШЕВ, Сравнительная характеристика сенситометрических систем.

9. „ПРОЛЕТАРСКОЕ ФОТО“, 1932 г. № 4. Проф. К. В. ЧИБИСОВ, Измерение фотографических свойств светочувствительных эмульсий.

10. THE BRITISH JOURNAL OF PHOTOGRAPHY 1932, № 6. Х. БАЙНЕС, Практическая сенситометрия.

11. DIE PHOTOGRAPHISCHE INDUSTRIE, 1931 г. № 7. Д-р ЯКОБСОН, Сенситометрия и практика.

12. DIE PHOTOGRAPHISCHE INDUSTRIE, 1930 г. № 49. Переводная таблица для градусов Шейнера, Эдер-Гехта и Хертера и Дриффильда.

13. DIE PHOTOGRAPHISCHE INDUSTRIE, 1930 г. № 52. Д-р Ф. ФОРМШТЕХЕР, Рациональны ли переводные таблицы градусов Хертера и Дриффильда?

14. PROCEEDING OF THE SEVENTH INTERNATIONAL CONGRESS OF PHOTOGRAPHY (протоколы седьмого международного фотографического конгресса). London, July, 9—14. 1928. Л. ДЖОНС и М. РУССЕЛЬ, Показание чувствительности в значениях минимального полезного градиента и другие статьи по вопросам сенситометрии.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть первая Фотографический аппарат

	<i>Стр.</i>
Глава I	
<i>Фотографическая камера</i>	5—21
§ 1. Введение	5
§ 2. Фотографическая камера	9
Глава II	
<i>Детали фотографического аппарата</i>	21—51
§ 3. Объектив	21
§ 4. Затворы	24
§ 5. Понятие о резкости фотографического изображения	36
§ 6. Кассеты	42
§ 7. Видоискатели	45
§ 8. Уровни и штативы	47
§ 9. Выбор фотографического аппарата	48
Вопросы	51
Литература	—

Часть вторая Фотографическая оптика

Глава I	
<i>Основные сведения из геометрической оптики</i>	52—63
§ 1. Прямолинейное распространение света. Отражение света. Преломление света. Показатель преломления	52
§ 2. Построение преломленного луча	55
§ 3. Полное внутреннее отражение	56
§ 4. Преломление в плоско параллельной стеклянной пластинке. Преломление в призме	58
§ 5. Светорассеяние или дисперсия света	59
§ 6. Цвета тел природы	60
§ 7. Яркость освещенной поверхности	61
§ 8. Ахроматическая призма	62
Глава II	
<i>Свойства линз</i>	63—74
§ 9. Прохождение света через двояковыпуклую линзу. Изображение, даваемое линзой	63
§ 10. Зависимость между расстоянием предмета от линзы и расстоянием от линзы до изображения	66
§ 11. Формула линзы	70
§ 12. Собираательные и рассеивательные линзы	72
Глава III	
<i>Недостатки простых линз и способы их устранения</i>	74—86
§ 13. Сферическая аберрация	74
§ 14. Кома	76

15. Хроматическая аберация	77
16. Искривление прямых линий (дисторсия)	80
17. Искривление поля изображения	82
18. Астигматизм	83

Глава IV

<i>Характеристика фотографического объектива</i>	<i>86—100</i>
--	---------------

19. Фокусное расстояние объектива	85
20. Светосила и относительное отверстие объектива	89
21. Яркость изображения	92
22. Система нумерации диафрагм	93
23. Глубина резкости	95
24. Поле зрения и поле изображения	99

Глава V

<i>Фотографические объективы</i>	<i>100—114</i>
--	----------------

25. Простые объективы	100
26. Сложные объективы	102
27. Портретный объектив Петцваля	—
28. Апланаты	—
29. Анастигматы	103
30. Широкоугольные объективы	105
31. Телеобъективы	107
32. Насадочные линзы	109
33. Советские объективы	111
34. О рассмотрении фотографии	—
Вопросы	113
Литература	114

Часть третья

Фотографическая лаборатория

Глава I

<i>Устройство и оборудование лаборатории</i>	<i>115—124</i>
--	----------------

1. Темная комната	115
2. Освещение темной комнаты	118
3. Рабочий инвентарь темной комнаты	122
4. Правила содержания фотографической лаборатории	127

Глава II

<i>Фотографические растворы</i>	<i>129—147</i>
---	----------------

5. Общие сведения о химических веществах, и хранения	129
6. Примеси химических продуктов	132
7. Составление растворов	—
8. Очистка воды	135
9. Растворимость веществ	137
10. Коллоидные растворы	138
11. Способы приготовления растворов	139
12. Техника растворения	143
Вопросы	146
Литература	147

Часть четвертая

Негативный материал

Глава I

<i>Общие сведения о негативном материале</i>	<i>148—157</i>
--	----------------

1. Понятие о негативном материале	148
2. Фотографические пластинки и пленки	151
3. Светочувствительность и цветочувствительность фотографических пластинок и пленок	153

Глава II	Стр.
Фотографическая эмульсия	157—177
4. Исходные вещества для приготовления эмульсии	157
5. Приготовление светочувствительных пластинок	162
6. Факторы, влияющие на светочувствительность эмульсии	168
7. Способы приготовления эмульсии	170
8. Структура светочувствительного слоя и природы светочувствительности	173

Глава III	
Ортохроматизм	177—191
9. Зрительная чувствительность к спектральным и природным цветам	177
10. Цветочувствительность галоидного серебра	179
11. Оптические сенсibilизаторы	182
12. Сенсibilизирующие растворы	183
13. Гиперсенсibilизация	188
14. Светофильтры	191

Часть пятая

Сенситометрия

Глава I	
Основные сведения	201—220
1. Задачи и значение сенситометрии	201
2. Экспозиция	202
3. Принципы устройства сенситометров. Сенситометр Хертера и Дриффильда	206
4. Влияние прерывистости экспозиции	207
5. Клип Гольдберга	208
6. Экспозиция при фотографической съемке. Понятие об интервале яркостей (широте) объекта	210
7. Степень почернения светочувствительного слоя. Прозрачность. Непрозрачность. Фотографическая плотность	211
8. Зависимость между плотностью и непрозрачностью	212
9. Соотношение между шкалой времени и шкалой интенсивности. Константа Шварцшильда	214
10. Измерение плотностей	215
11. Зависимость между экспозицией и почернением. Характеристическая кривая Хертера и Дриффильда	217
12. Влияние вуали	220

Глава II	
Фактор проявления (гамма)	221—229
13. Контрастность. Понятие о факторе проявления (гамме)	221
14. Влияние условий проявления. Влияние продолжительности проявления. Кривые „время проявления—гамма“, „гамма—бесконечность“	224

Глава III	
Широты эмульсии и широта объекта	229—232
15. Широта эмульсии	229
16. Широта объекта	230
17. Допустимый предел колебания экспозиции при съемке	—

Глава IV	
Чувствительность фотоматериалов	233—249
18. Определение чувствительности фотоматериалов	233
19. Метод Хертера и Дриффильда	234
20. Метод Шейнера	237
21. Метод Эдера. Соотношение между величиной чувствительности по Шейнеру и по Эдеру	240

	<i>Стр.</i>
22. Переход от градусов Шейнера к градусам Эдера	242
23. Метод Джонса и Русселя	243
24. Понятие о полезной широте	247
25. Соотношение между значениями чувствительности, определенной при помощи различных методов	248

Глава V

<i>Испытание цветочувствительности</i>	<i>249—256</i>
--	----------------

26. Основные сведения	249
27. Краткие сведения о различных методах испытания цветочувствительности	250
28. Испытательный лист для построения характеристических кривых	255
Вопросы	257
Литература	258

Переплет работы худ. Н. Седельникова

Редактор А. Цветкова

Технический редактор Н. Парамонова

Славо в набор 25-IX 1932 г.
 Подписано к печати 3-III 1933 г.
 Формат бумаги 62×94₁₆
 Количество печати листов 16 $\frac{1}{2}$
 Количество печ. знак. в листе 50 000

Индекс 6 ф.
 Гизлегпром № 457
 Тираж 25.000
 Заказ 2754
 Уполномоч. Главлита № В-48140

ГОЛДОВСКИЙ, Е. М.

Синхронизация в звуковом кино и телевизию.

(С 122 рис.). Стр. 172. Ц. 6 р.

ДАВИД, Л.

Практическое руководство по фотографии.

Перевод с немецкого Д. М. Городинского, перераб. и дополи. В. А. Янтолд-Говорко. (С 107 рис.). Стр. 172.

Ц. 2 р. 80 к., пер. 1 р. 25 коп.

РОТМАЙЕР, Р.

Неудачи в мокроколлоидном процессе и их устранение.

Справочник фототехника. Перев. с нем. И. Любского. (За рабочим станком). Стр. 20. Ц. 20 коп.

РЭДЭН, И.

Таблицы для определения фото-экспозиции.

Приложение: пояснительный текст к таблицам И. Рэдэна для определения фотографической экспозиции. Перевод с 35-го немецкого издания В. И. Микулина. VI + 36 вкл. лист. + 107 стр. и вкл. карты приложен. Ц. таблиц с приложением 1 р. 75 к., пер. 1 р. 75 коп.

*Продажа во всех магазинах и отделениях КОГИ.
Почтовые заказы направляются: Москва, 64, „Техническая книга — почтой“.*

Заказы высылаются наложен. платежом без задатка.

20 уроков по фотографии.

Самоучитель для начинающих; перевод с немецкого.
Обработ. В. Микулин. (С 121 рис.). Стр. 216. Ц. 3 р. 50 к.

КОЗЛОВ, П. В.

Технология фото-киноплёнки. Часть I. Техническая химия основы. Глава „Расчетные обоснования процесса изготовления основы“, составл. инж.-техн. Н. Н. Блонским.

(С табл. и 96 рис.). Стр. 230. Ц. 7 р., пер. 1 р.

ЛАУБЕРТ, Ю. К., проф.

Ошибки и неудачи негативного процесса.

(С 14 рис.). Стр. 120. Ц. 90 к.

ЛАУБЕРТ, Ю. К., проф.

Фото-механические процессы.

(С 193 рис.). Изд. 2-е. Стр. 392. Ц. 5 р. 75 к., пер. 1 р.

*Продажа во всех магазинах и отделениях КОГИ.
Почтовые заказы направляются: Москва, 64, „Техническая книга — почтой“.*

*Заказы высылаются только наложенным платежом
без задатка.*

