

A  $\frac{171}{1027}$









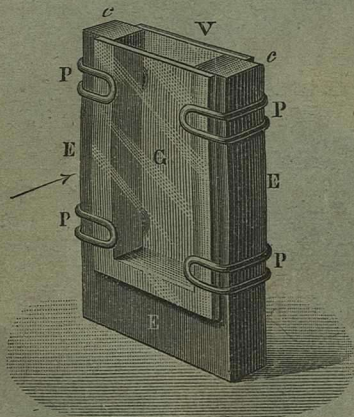


17/1023 291  
**Альфонсъ Берже.**

# ЦВѢТНАЯ ФОТОГРАФІЯ

по способу проф. Липпмана.

*Переводъ съ французскаго.*



СЪ 12 РИСУНКАМИ ВЪ ТЕКСТѢ.

МОСКВА.

Типографія А. Г. Кольчугина, Волхонка, д. Воейковой.

1891.



Альфонсъ Берже.

# ЦВѢТНАЯ ФОТОГРАФІЯ

по способу проф. Липпмана.

*Переводъ съ французскаго.*



СЪ 12 РИСУНКАМИ ВЪ ТЕКСТѢ.

МОСКВА.

Типографія А. Г. Кольчугина, Волхонка, д. Воейковой.  
1891.



Дозволено цензурою. Москва, 18 сентября 1891 г.

216985-0



1500243602

## Предисловіе.

Только что сдѣлано чрезвычайно важное открытіе, которое должно произвести огромный переворотъ въ области фотографіи и разрѣшить наконецъ столь долго отыскиваемую проблему. Г. Липпманъ, членъ Института, нашелъ способъ получать на свѣточувствительной пластинкѣ прочно фиксированные цвѣта спектра.

Способъ, открытый знаменитымъ профессоромъ не имѣетъ ничего общаго съ тѣми фотохромическими опытами, которые дѣлались до сихъ поръ: онъ такъ остроуменъ и замѣчателенъ своею геніальною простотою, что представляетъ собою, помимо своего практическаго значенія, огромный научный интересъ, такъ какъ служить новымъ

доказательствомъ уже признанной высшею физикою теоріи о существованіи волнообразнаго движенія свѣта.

Эта небольшая брошюра имѣетъ своею цѣлью, напомнивъ эту теорію, дать возможность читателю уяснить сущность новаго метода, и, охвативъ его технику, оцѣнить его практическое значеніе.

А. Берже.

Парижъ,  $\frac{6}{18}$  февраля 1891 г.



## ГЛАВА I.

### Историческій очеркъ.

---

Мы вовсе не намѣрены вдаваться здѣсь въ подробности о всѣхъ попыткахъ, сдѣланныхъ съ цѣлью укрѣпить фотографическимъ способомъ цвѣта предметовъ. Для этого пришлось бы написать цѣлый томъ, хотя и очень интересный, но и довольно объемистый. Однако невозможно обойти молчаніемъ нѣсколько славныхъ именъ, особенно потрудившихся на этомъ тернистомъ поприщѣ.

Уже въ 1810 году, Іенскій профессоръ Зеебекъ приступилъ къ рѣшенію этого вопроса и пытался воспроизвести цвѣта солнечнаго спектра на пластинкѣ, покрытой слоемъ хлористаго серебра. Его попытки не находили подражателей до 1841 года, когда были сдѣланы серіозные повторные опыты Джономъ Гершелемъ, который употреблялъ для этого не только хлористое, но также бромистое и іодистое серебро, а равно и естественные продукты, какъ напр. корни бакаутаваго дерева. Нѣкоторые цвѣта, хотя и не надолго, проявлялись на его чувствительныхъ пластинкахъ. Получались такіе результаты, которые не могли не ободрить

изслѣдователей, и это въ то время, когда сама фотографія была еще въ младенческомъ возрастѣ. Но опыты Эдмонда Беккереля затмили все, что было сдѣлано его предшественниками.

Въ 1848 году, этотъ выдающійся ученый, употребляя пластинки изъ накладнаго серебра, покрытыя хлорноватистою солью серебра, получилъ на этомъ слоѣ отпечатокъ всѣхъ цвѣтовъ спектра. Къ сожалѣнію, воспроизведенные такимъ образомъ цвѣта были непрочны и, выставленные на свѣтъ, вскорѣ пропадали, тотъ же получался результатъ, если для фиксированія цвѣтнаго спектра прибѣгали къ ваннѣ.

Воспроизведеніе всѣхъ цвѣтовъ спектра было большимъ шагомъ впередъ, но неудачи, которыхъ не могли преодолѣть даже знаніе и изобрѣтательность Эдмонда Беккереля, были препятствіемъ, на которое отнынѣ должны были наталкиваться всѣ тѣ, которые принимались рѣшать вопросъ о цвѣтной фотографіи путемъ прямого воспроизведенія.

Съ 1851 по 1866 гг. Ніепсъ де Сентъ-Викторъ, произвелъ цѣлый рядъ замѣчательныхъ опытовъ по части фиксированія цвѣтовъ химическимъ способомъ. Въ 1855 году Тестудъ де Борегардъ пришелъ также къ интереснымъ результатамъ. Наконецъ въ 1865 году Пуатевенъ получилъ цвѣтные снимки, которые еще мы могли видѣть тщательно оберегаемыми отъ свѣта, такъ какъ подобно своимъ предшественникомъ, Пуатевену не удалось укрѣпить свои снимки.



Всѣ предыдущіе опыты, а равно и многіе другіе производились *химическимъ способомъ*; постоянно изыскивались такія субстанціи, которыя способны бы были воспроизвестись хроматически подъ вліяніемъ соотвѣтствующихъ цвѣтовъ; а priori эта задача неразрѣшима.

Приемы, аналогичные приему К. Кроза, воспроизводившему цвѣта одинъ на другомъ, я считаю неправильными и не стану о нихъ распространяться.

Словомъ, если предыдущіе опыты оканчивались неудачами относительно фиксированія получаемыхъ снимковъ, то, слѣд., вопросъ рѣшался не настоящимъ образомъ.

Физика учить насъ, на самомъ дѣлѣ, что цвѣта суть результатъ волнообразнаго движенія свѣта. Доказательствомъ тому могутъ служить красивые цвѣта мыльных пузырей, производимые влажными ихъ стѣнками, которыя сами по себѣ совершенно безцвѣтны, на основаніи закона, съ которымъ мы познакомимся ниже. Самое раціональное рѣшеніе задачи состояло, слѣд., въ томъ, чтобы найти въ свойствахъ вибрирующаго движенія, о которыхъ учить насъ оптика, способъ воспроизвести то, что на нашу ретину производитъ впечатлѣніе цвѣта.

Это и сдѣлалъ г. Липпманъ.

Прежде чѣмъ приступить къ описанію его опытовъ, мы напомнимъ читателю существенныя черты теоріи о свѣтовыхъ волнахъ, которую необходимо знать, чтобы понять новое открытіе.

---



## ГЛАВА II.

### О волнообразныхъ движеніяхъ.

---

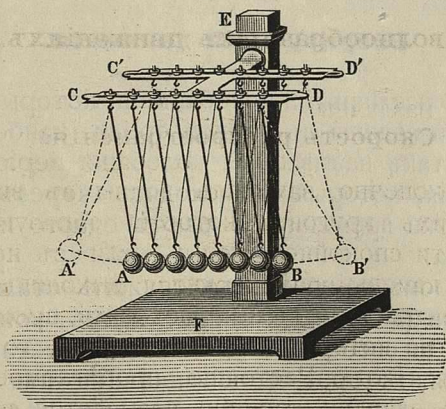
#### Скорость распространенія.

Всякій, конечно, замѣчалъ волны въ видѣ концентрическихъ круговъ, которыя образуются на поверхности спокойной воды, если въ нее былъ брошенъ камень: онѣ кажутся выходящими изъ общаго центра и, медленно расходясь, производятъ морщины, по которымъ то поднимаясь, то опускаясь струится вода. Расстояніе, пробѣгаемое этими волнами въ единицу времени называется *скоростью распространенія волнообразнаго движенія*. Скорость эта находится въ тѣсной зависимости исключительно отъ природы среды.

Не слѣдуетъ однако думать, что вода удаляется въ видѣ волнъ отъ мѣста паденія камня: если мы бросимъ на поверхность воды небольшой кусокъ дерева, то увидимъ, что онъ послѣдовательно, то опускается, то поднимается, но отнюдь не отплываетъ въ сторону.

Слѣдуетъ однако допустить для объясненія этихъ волнообразныхъ движеній, что частицы, способныя взаимно отталкиваться, обладаютъ такою же эластичностью, какъ шарики изъ слоновой кости на приборѣ, представленномъ на *фиг. 1*. Если одинъ изъ этихъ весьма упругихъ шариковъ, получаетъ толчокъ отъ предыдущаго, то онъ передаетъ сполна всю силу полученнаго имъ толчка слѣдующему

Фиг. I.



шарику; такъ, если отвести первый шарикъ А до А' и затѣмъ его отпустить, произойдетъ то, чего вовсе не ожидалось: отъ толчка въ правую сторону не нарушится покой остальныхъ шариковъ и только послѣдній шарикъ В отскочитъ въ сторону. Итакъ, ударъ перваго шарика, пройдя черезъ цѣлый рядъ промежуточныхъ шариковъ, оставшихся въ прежнемъ покоѣ, отразился только въ послѣднемъ.



Частицы какого-либо тѣла обладаютъ тѣми же свойствами, что и шары въ нашемъ опытѣ: онѣ получаютъ ударъ отъ сосѣдней частицы и цѣликомъ передаютъ его слѣдующей частицѣ, сами оставаясь въ безусловномъ покоѣ; такъ что все сотрясеніе, воспринятое частицей упругой среды передается частицамъ, смежнымъ съ первой, а эти послѣднія въ свою очередь передаютъ его слѣдующимъ и т. д.

### Вибрирующія движенія.

Между различными колебаніями, которыя могутъ быть произведены въ данной средѣ, наиболѣе интересны такъ называемыя колебанія періодическія т. е. такія, которыя происходятъ черезъ равные промежутки времени и бываютъ одного и того-же характера.

Примѣромъ тому можетъ служить стальная пластинка, защемленная однимъ своимъ концомъ въ тиски: если свободный ея конецъ вывести изъ того положенія, которое онъ занимаетъ въ покоѣ, и затѣмъ отпустить, то она, принимая прежнее положеніе, произведетъ цѣлый рядъ колебаній, происходящихъ всегда въ одинаковый промежутокъ времени. Словомъ пластинка начинаетъ *вибрировать*.

Понятно, что если подобная пластинка помѣщена на поверхности жидкости такъ, что она прикасается къ ней при каждомъ изъ своихъ колебаній всегда въ одной и той же точкѣ, то колебанія эти будутъ происходить около этой точки непрерывно, и волнообразное движеніе будетъ также



продолжительно, какъ и въ первомъ случаѣ, съ тою только разницею, что, если сотрясеніе пластинки произошло только разъ, то и колебанія центральной точки, постоянно сохраняя одинаковую продолжительность, будутъ имѣть *амплитуды* \*) непрерывно возрастающими, тогда какъ, если сотрясеніе повторяется періодически, они сохраняютъ свою первоначальную амплитуду; волнообразное движеніе представляетъ такимъ образомъ явленіе, *интенсивность котораго остается постоянною.*

### **Длина волны. Продолжительность вибраціи.**

Мы видѣли, что всякое волнообразное движеніе передается въ данной средѣ съ постоянною скоростью, и что скоростью распространения называется пространство, пробѣгаемое волною въ единицу времени.

Когда волны происходятъ отъ вибрирующаго движенія длину разсматривать еще интереснѣе: здѣсь опредѣляется длина пробѣгаемаго волною пути уже не единицею времени, а продолжительностью вибраціи. Эта длина называется *длиною волны*, и она играетъ въ физическихъ явленіяхъ весьма важную роль, такъ какъ скорость распространения можно разсматривать съ двухъ точекъ зрѣнія: или какъ путь, пробѣгаемый волною въ единицу времени, напр. въ одну секунду, или какъ простран-

---

\*) Амплитудою наз. ширина качанія волны.

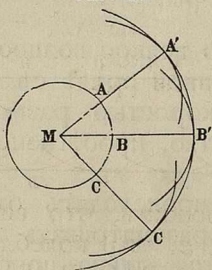
ство, пробѣгаемое тою же волною въ продолженіи времени, которое требуется для совершенія полнаго колебанія.

### Звуковыя волны.

Звукъ, какъ результатъ вибрирующаго движенія, распространяется подобнымъ же образомъ.

Звукъ происходитъ вслѣдствіе вибраціи тѣла— всякаго тѣла, будь оно твердо, какъ сталь, жидко какъ ртуть или газообразно какъ воздухъ и наоборотъ: всякому звуку соотвѣтствуетъ вибрирующее

Фиг. 2.



е движенье, все равно гдѣ бы оно ни происходило. Ученіе о свойствахъ звука прилагаетъ къ изслѣдованію волнообразныхъ движеній самый простой и наглядный способъ.

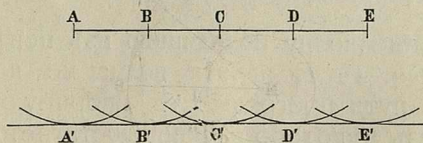
Звучащее тѣло М. (фиг. 2), будучи центромъ вибрацій, становится также и центромъ волнообразныхъ движеній. Если среда, въ которой происходитъ распространеніе звука, однородна — волны имѣютъ сферическую форму; черезъ нѣкоторое время вибрирующее движенье достигаетъ до всѣхъ



точекъ поверхности сферы ABC. Каждая изъ этихъ точекъ становится во всемъ своемъ объемѣ постояннымъ центромъ колебаній и производитъ въ свою очередь сферическую волну. Эти новыя волны A', B', C', равны между собою и обхватываются сферой, большей, чѣмъ она представлена на фигурѣ: до этой сферы звукъ достигаетъ къ концу даннаго времени.

Но мы не будемъ помѣщать источникъ вибраціи постоянно въ одной точкѣ. Этотъ гипотетическій случай никогда не бываетъ въ дѣйствительности, такъ какъ матеріальныя точки имѣютъ всегда опредѣленные размѣры.

Фиг. 3.



Итакъ, предположимъ, что вибрирующее тѣло есть *плоскость*, т. е. что колеблется разомъ цѣлый рядъ точекъ A, B, C, D, E, (фиг. 3), расположенныхъ на одной и той же плоской поверхности и по прямой линіи. Каждая изъ нихъ, будучи центромъ дрожанія, дѣлается центромъ сферической волны, но всѣ эти волны, равныя между собою и очень сближенныя, будутъ имѣть къ концу извѣстнаго времени одинъ и тотъ же радіусъ; они будутъ имѣть своею оболочкою плоскость A' B' C' D' E', которая охватитъ всѣ сферы волны.

Однимъ словомъ, волна распространится такъ, какъ если бы ея поверхность была сама плоскостью.



### ГЛАВА III.

#### Интерференція.

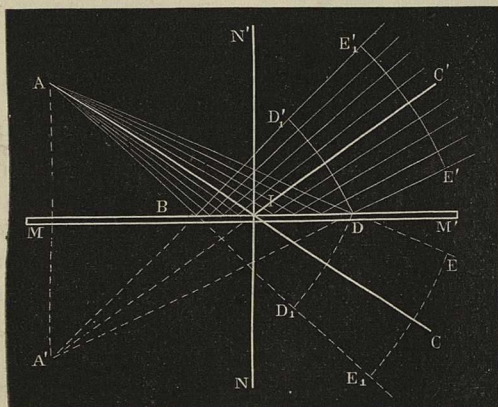
---

##### Отраженіе волнообразнаго движенія.

Изобразимъ волну исходящую изъ центра колебанія  $A$  (фиг. 4). Если эта волна не встрѣчаетъ на своемъ пути преграды, то вибрирующее движеніе чрезъ нѣкоторое время достигнетъ до поверхности сферы  $DD_1$ ; затѣмъ до сферы большаго радіуса  $EE_1$  и т. д.; не то произойдетъ, когда волна, при своемъ распространеніи встрѣтитъ препятствіе обозначенное буквою  $MM'$  (плоскую поверхность, какъ напр. отражательную поверхность полированнаго зеркала). Въ этомъ случаѣ, волна переменитъ свое направленіе: она *отразится*, и въ тотъ промежутокъ времени, въ который она должна была бы достигнуть при первоначальномъ условіи до  $DD_1$ , (подъ плоскостью), она теперь достигнетъ до всѣхъ точекъ сферы  $DD_1$  (надъ плоскостью), симметричной по отношенію къ плоскости зеркала съ первой; другими словами, все про-

изойдетъ такъ, какъ если бы центръ колебанія вмѣсто того, чтобы быть въ А, находился бы въ точкѣ А'; расположенной съ другой стороны плоскости  $MM_1$  на разстояніи равномъ  $AM$ . Эта новая волна на самомъ дѣлѣ не существуетъ вся цѣликомъ, это только часть той же волны, которая отсѣчена зеркаломъ и которая существуетъ въ

ФИГ. 4.



дѣйствительности; ее называютъ *отраженною волною*, тогда-какъ первая носитъ названіе *прямопадающей волны*.

Вообще, волна имѣетъ свойство отражаться отъ плоской преграды. Приэтомъ, направленія прямопадающей волны и отраженной составляютъ съ зеркаломъ равные углы, подобно тому, какъ бильярдный шаръ, ударившись о бортъ, отражается, образуя *уголъ отраженія, равный углу паденія*.



### Интерференція прямопадающей волны и волны отраженной.

Заставимъ какую-нибудь волну упасть перпендикулярно на отражающую поверхность, при этомъ отраженная волна пойдетъ по прямо-противоположному пути и совпадетъ съ волной, упавшей на зеркало. Что же тогда произойдетъ?

Не забудемъ, что каждая точка находящейся передъ зеркаломъ среды участвуетъ въ волнообразномъ и вибрирующемъ движеніи, совершая колебанія около своего опредѣленнаго мѣста. Слѣд., каждая точка находится разомъ подъ вліяніемъ двухъ движеній: движенія прямого и отраженнаго. Если эта точка находится въ такихъ условіяхъ, что обѣ скорости, происходящія отъ дѣйствія этихъ двухъ движеній, имѣютъ въ данную минуту одно и тоже направленіе, то эти скорости соединятся одна съ другой и результатомъ этого соединенія будетъ усиленіе vibraціи разсматриваемой точки; но если эти обѣ скорости въ одно и тоже время равны и противоположныхъ направленій, оба движенія уничтожатся и разсматриваемая точка останется въ покоѣ. Если дѣло идетъ о звуковой волнѣ, то въ этой точкѣ всякій шумъ прекращается, наступаетъ полная тишина.

Итакъ, ученіе о вибрирующихъ движеніяхъ приводитъ насъ къ замѣчательному выводу, что звукъ, соединяясь съ другимъ звукомъ, можетъ произвести или усиленіе звуковаго движенія или полное прекращеніе этого движенія. Замѣчательный опытъ,



сдѣланный полковникомъ Наполеономъ Саваромъ въ 1839 году, далъ блестящее экспериментальное доказательство правильности этого ученія. Этотъ офицеръ помѣстилъ передъ большой стѣной колокольчикъ и заставилъ его колебаться ударомъ молотка. Звонокъ сдѣлался центромъ прямопадающей волны, которая достигла стѣны и здѣсь отразилась. Прислушиваясь въ различныхъ пунктахъ прямой линіи, идущей отъ звонка къ стѣнѣ, онъ обнаружилъ существованіе точекъ, отстоящихъ на равномъ другъ отъ друга разстояніи, въ которыхъ звукъ замиралъ совершенно; эти точки были разобщены другими, тоже находящимися въ равномъ другъ отъ друга разстояніи, въ которыхъ звукъ дѣйствовалъ съ особенною энергіею. Итакъ, существованіе интерференціи было доказано самымъ нагляднымъ образомъ.

Ученіе о звучащихъ трубахъ, какъ напр. о трубахъ органа, ученіе о вибраціи скрипичныхъ струнъ указываетъ также, что въ однихъ точкахъ вибрація бываетъ равна нулю, движеніе отсутствуетъ, тогда какъ въ другихъ она усиливается; первыя называются *узлами*, а вторыя *пучностями*.

Итакъ, когда передъ поверхностью, на которую падаетъ прямолинейная волна, находится цѣлый рядъ равноотстоящихъ плоскостей, въ которыхъ всякое движеніе прекращается, мы говоримъ: это плоскости *узловыя*; эти плоскости отдѣлены другъ отъ друга параллельными плоскостями, гдѣ движеніе усиливается—это плоскости *пучныя*. *Разстояніе между двумя послѣдовательными узловыми плоскостями или между двумя послѣдовательными пучными плоскостями всегда равняется половинѣ длины волны.*

## ГЛАВА IV.

### СВѢТОВЫЯ ВОЛНЫ.

---

#### Свѣтовой эфиръ.

Изложенные выше принципы имѣютъ широкое приложеніе въ ученіи о звуковыхъ явленіяхъ, которое составляетъ часть физики, называемой *акустикой*. Французскій ученый *Френель* первый далъ раціональную теорію свѣта, рассматривая его какъ результатъ волнообразнаго движенія.

Съ геніальною проницательностью знаменитый физикъ предположилъ, что всякая свѣтящаяся точка должна быть центромъ очень быстрыхъ колебаній и что эти колебанія распространяются посредствомъ особой среды. Эта среда не можетъ быть газомъ, такъ какъ свѣтъ распространяется безъ прорыва. Френель далъ ей названіе *эфира* и допустилъ, что она наполняетъ все, даже междузвѣздное пространство. Частицы этой среды, обладающія крайнею упругостію играютъ по этой гипотезѣ роль шариковъ изъ слоновой кости въ



приборъ, описанномъ нами въ началѣ этого очерка; онѣ передаютъ одна другой, не выходя изъ занимаемой ими позиціи, импульсъ, полученный первой изъ нихъ.

### Скорость свѣта.

Эта передача вибрирующаго движенія отъ одной частицы къ другой происходитъ въ эфирѣ съ значительною скоростью.

Можно измѣрить самымъ точнымъ образомъ, на основаніи астрономическихъ и физическихъ изслѣдованій, скорость, съ которою распространяется свѣтовая волна; всѣ эти изслѣдованія, довольно согласныя между собою, даютъ слѣдующій результатъ:

*Свѣтъ распространяется со скоростью трехсотъ тысячъ километровъ въ секунду.*

Чтобы яснѣе представить себѣ быстроту этой передачи, замѣтимъ, что лучъ свѣта пробѣгаетъ разстояніе, которое отдѣляетъ Землю отъ Солнца *въ восемь минутъ*. Далѣе, мы должны допустить, что свѣтъ происходитъ вслѣдствіе вибрирующаго движенія; это движеніе передается въ эфирѣ, посредствомъ волнообразнаго движенія, подобно звуку въ воздухѣ. Каждая волна имѣетъ сферическую форму, которая быстро увеличивается въ діаметрѣ, подобно сильно надуваемому воздушному шару, пока ея радіусъ не достигнетъ 300.000 километровъ въ секунду. При безграничномъ разстояніи

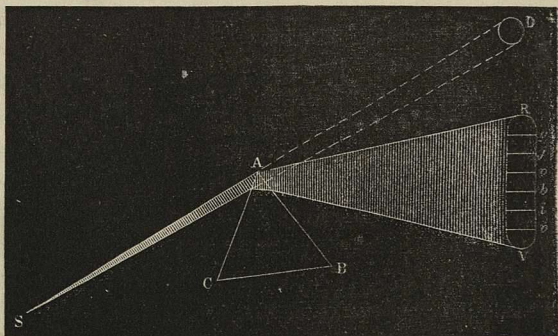


ея точки отправленія небольшая часть этой сферической поверхности должна быть совершенно плоскою.

### Бѣлый свѣтъ. Простые цвѣта.

Ньютонъ во время своего классическаго изслѣдованія солнечнаго спектра открылъ сложность бѣлаго свѣта.

Фиг. 5.



Чрезъ очень маленькое отверстіе *з* (фиг. 5) продѣланное въ ставнѣ, онъ пропустилъ въ темную комнату горизонтальный лучъ солнечнаго свѣта. Этотъ лучъ при свободномъ прохожденіи вырисовывался на экранѣ въ видѣ блестящаго бѣлаго пятна. Затѣмъ Д. Ньютонъ помѣстилъ на его пути стеклянную призму съ отвѣсными гранями такъ, какъ это представлено на рисункѣ. Тотчасъ, па-

дающій пучокъ свѣта отклонился отъ своего первоначальнаго направленія. При этомъ, онъ разложился и образовалъ на экранѣ уже не круглое пятно, а продолговатую полоску. которая представляла всѣ цвѣта радуги, расположенные въ слѣдующемъ порядкѣ:

*Фиолетовый, синій, голубой, зеленый, желтый, оранжевый и красный.*

Фиолетовый отклоняется наиболѣе другихъ и находится на одномъ краю этого цвѣтнаго спектра, тогда какъ красный, съ наименьшимъ отклоненіемъ, находится на другомъ краю.

Такимъ образомъ, бѣлый цвѣтъ былъ разложенъ призмой на *простые цвѣта*.

Получая этотъ спектръ на медленно вращающемся зеркалѣ и смотря на это зеркало въ опредѣленномъ направленіи, Ньютонъ видѣлъ послѣдовательно всѣ цвѣта спектра; но если скорость вращенія возрастала, и глазъ видѣлъ въ одно время всѣ цвѣта, то впечатлѣніе цвѣтовъ сливалось, и глазамъ представлялся одинъ бѣлый цвѣтъ. Такимъ образомъ посредствомъ обратнаго опыта, бѣлый цвѣтъ опять возстановливался изъ простыхъ цвѣтовъ.

### Дополнительные цвѣта.

Прикроемъ какой-нибудь непрозрачной преградой, часть спектральныхъ лучей и станемъ разсматривать остальные при помощи вращающагося зеркала, приведеннаго въ быстрое движеніе. У насъ



недостаеѣ нѣсколькихъ цвѣтовъ, и мы уже не можемъ увидѣѣ бѣлаго цвѣта, но особый цвѣѣ А. Сдѣлаемъ тотъ же опытъ, но на этотъ разъ прикрывъ тѣ цвѣта, которые только что разсматривали, и рассмотримъ теперь тѣ, которые только что были прикрыты: у насъ произойдетъ другой цвѣѣ В.

Очевидно, цвѣта А и В, смѣшанные вмѣѣ, снова дали бы бѣлый цвѣѣ: ихъ называютъ *дополнительными* цвѣѣтами.

### Теорія Френеля.

Какъ же объяснить по теоріи волнообразныхъ движеній различіе окраски въ разныхъ частяхъ спектра?

Френелю удалось найти это объясненіе путемъ сравненія простыхъ цвѣтовъ съ музыкальными нотами гаммы.

Мы видѣли, что всякій звукъ происходитъ вслѣдствіе вибраціи тѣла, производя волну, которая, когда достигнетъ до нашего уха, то производитъ въ немъ звуковое впечатлѣніе.

Но не всѣ звуки одинаковы, и мы очень хорошо умѣемъ отличать *низкую* ноту отъ *высокой*. Физики, изучивъ характеръ различныхъ высокихъ и низкихъ звуковъ, пришли къ слѣдующему экспериментальному заключенію: звуки, издаваемые однимъ и тѣмъ же вибрирующимъ тѣломъ, возвышаются по мѣрѣ увеличенія быстроты вибрацій, какова бы ни была природа вибрирующаго тѣла. Слѣд., каждому звуку



соотвѣтствуетъ опредѣленная, ему одному свойственная длина волны.

Но тогда, скажете вы, высокіе звуки должны передаваться въ воздухѣ быстрѣе, чѣмъ звуки низкіе?

Вовсе нѣтъ, они пробѣгаютъ быстрѣе разстояніе, отдѣляющее одинъ узелъ отъ другаго, но такъ какъ и узлы эти многочисленнѣе, то все пространство, пробѣгаемое звукомъ, какова бы ни была его высота, въ продолженіи одной секунды всегда одно и тоже: скорость звука въ воздухѣ равняется 330 метрамъ въ секунду.

Френель сравнивалъ простые цвѣта съ простыми звуками.

Онъ нашель, что число вибрацій совершаемыхъ въ одну секунду свѣтящейся точкою для *краснаго* свѣта и свѣта *желтаго* не одинаково. Изъ этого онъ заключилъ, что *длина волны* должна быть для разныхъ цвѣтовъ тоже различна. Ниже помѣщаемая таблица показываетъ число вибрацій, совершаемыхъ въ одну секунду свѣтящейся точкою различной цвѣтности.

### 1. Число вибрацій для различныхъ цвѣтовъ.

|            |           |     |                         |
|------------|-----------|-----|-------------------------|
| Красный.   | . . . . . | 497 | милліардовъ въ секунду. |
| Оранжевый. | . . . . . | 528 | " " "                   |
| Желтый.    | . . . . . | 529 | " " "                   |
| Зеленый.   | . . . . . | 601 | " " "                   |
| Голубой.   | . . . . . | 648 | " " "                   |
| Синій.     | . . . . . | 686 | " " "                   |
| Фиолетовый | . . . . . | 728 | " " "                   |

А вотъ таблица, показывающая длину волнъ у различныхъ простыхъ цвѣтовъ.

*2. Длина волнъ у простыхъ цвѣтовъ.*

|                 |     |                |             |
|-----------------|-----|----------------|-------------|
| Красный . . . . | 620 | десяти-тысячн. | миллиметра. |
| Оранжевый . . . | 583 | "              | "           |
| Желтый . . . .  | 551 | "              | "           |
| Зеленый . . . . | 512 | "              | "           |
| Голубой . . . . | 475 | "              | "           |
| Синій . . . . . | 449 | "              | "           |
| Фиолетовый . .  | 423 | "              | "           |

Итакъ красный соотвѣтствуетъ низкимъ нотамъ музыкальной скалы, а фиолетовый высокимъ нотамъ.

### Сложные цвѣта.

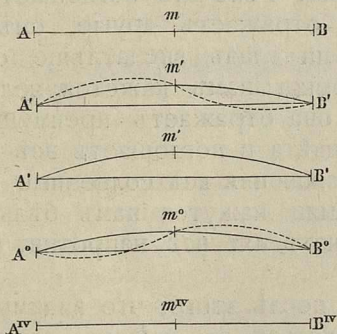
Но какъ же объяснить теперь сложные цвѣта, не тѣ, которые мы видимъ въ спектрѣ, — это цвѣта простые — а тѣ, которые мы видимъ у обыденныхъ предметовъ.

Вернемся опять къ свойствамъ вибрирующихъ движеній: сравненіе ихъ съ звуковыми явленіями поможетъ намъ понять теорію цвѣтовъ.

Нѣсколько вибрирующихъ движеній могутъ сливаться одинъ съ другимъ. Такъ, когда струна натянута на звуковой ящикъ, какъ напр. струна віолончели, можно привести ее въ колебательное движеніе по всей длинѣ. Два ея конца останутся неподвижными, будутъ двумя узлами, тогда какъ

ея середина будетъ вибрировать съ высшею амплитудою—это будетъ *пучность*. Но можно по этой струнѣ провести смычкомъ такимъ образомъ, что при продолжающейся вибраціи всей струны, каждая изъ ея половинъ начнетъ вибрировать особо такъ, какъ это представлено пунктиромъ на *фиг. 6*. При такихъ условіяхъ мы производимъ сліяніе двухъ вибрирующихъ движеній: движенія всей струны и движенія обѣихъ ея половинъ, вибрирующихъ

Фиг. 6.



каждая отдѣльно. Получается сложный звукъ, сформированный изъ основнаго звука и гармоническаго звука, слившагося съ первымъ. Это сліяніе производитъ въ ухѣ впечатлѣніе *тембра* различныхъ звуковъ.

*Фонографъ* основанъ на этомъ принципѣ: вибраціи одной перепонки могутъ воспроизвести нѣсколько слившихся вибрирующихъ движеній, передать человѣческую рѣчь и записать ее на мягкомъ цилиндрѣ въ видѣ особыхъ черточекъ.



Сложные цвѣта, какъ напр., каштановый, различные оттѣнки зеленаго и пр., образуются подобнымъ же образомъ. Они происходятъ вслѣдствіе сліянія нѣсколькихъ простыхъ вибрирующихъ движеній.

### Цвѣтность тѣлъ.

Поясимъ теперь, что слѣдуетъ понимать подъ *цвѣтностью* тѣлъ.

Цвѣтъ происходитъ отъ диффузіи лучей, освѣщающихъ тѣло. Тѣло это поглощаетъ нѣкоторые изъ нихъ и отражаетъ другіе, смѣсь которыхъ производитъ на глазъ впечатлѣніе опредѣленной окраски. Крыша намъ кажется зеленою только потому, что она отражаетъ преимущественно зеленые лучи цвѣта и поглощаетъ всѣ остальные.

Тѣла, отражающія всѣ солнечные лучи, каковы бы они ни были кажутся намъ бѣлыми, тѣ которые поглощаютъ ихъ всѣ, напротивъ намъ кажутся черными.

Очевидно, послѣ этого, что видимый цвѣтъ тѣла долженъ мѣняться въ нашемъ глазу вмѣстѣ съ природою освѣщающаго его свѣта: онъ не можетъ быть одинаковъ при дневномъ или электрическомъ освѣщеніяхъ, которыя, заключая въ себѣ всѣ лучи, имѣютъ бѣлый свѣтъ, и при газовомъ освѣщеніи, исключительно желтомъ. При свѣтѣ монохроматическомъ, тѣло по необходимости, должно имѣть окраску этого свѣта.

---

## ГЛАВА V.

### Интерференція свѣта.

---

#### Опытъ съ двумя зеркалами.

Френель разсматривалъ свѣтовыея явленія какъ результатъ вибрацій. Слѣд., свѣтъ долженъ имѣть свойства всѣхъ волнообразныхъ движеній и производить съ двумя свѣтовыми волнами интерференцію.

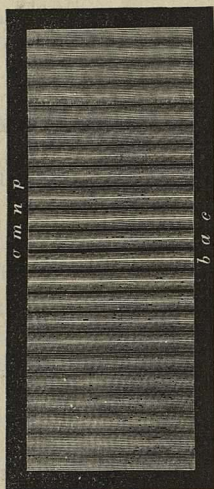
Рали этого берутся два зеркала, расположенныя другъ къ другу подъ очень тупымъ угломъ: свѣтящая точка, помѣщенная передъ ними, даетъ позади этихъ зеркалъ, два очень сближенные изображенія, изъ которыхъ каждое можетъ разсматриваться какъ центръ особой волны.

Если эти волны, стремясь къ одной точкѣ, пробѣгаютъ при этомъ различными путями, и одна изъ нихъ опередить другую или запоздаетъ въ отношеніи къ ней на половину длины волны или на нечетное число полу-длинъ волны, то эта точка будетъ имѣть въ одно и тоже время двѣ равныя и съ противоположными свойствами скорости: про-

изойдетъ уничтоженіе вибрирующаго движенія, т. е. темнота. Напротивъ, получится усиленный свѣтовой эффектъ во всѣхъ точкахъ, гдѣ обѣ волны пройдутъ по одному пути или одна изъ нихъ опередитъ другую на четное число полувольтъ.

Если опытъ производился со свѣтомъ совершенно монохроматическимъ, то на экранѣ, располо-

Фиг. 7.



женномъ передъ передней стороной двухъ зеркаль получится перемежающійся рядъ свѣтлыхъ и темныхъ полосъ, параллельныхъ съченію двухъ зеркаль, какъ это представлено на *фиг. 7*.

Если мы употребляли для опыта желтый свѣтъ и замѣнимъ теперь его свѣтомъ большей прелом-



ляемости, напр. фіолетовымъ свѣтомъ, то полосы окажутся болѣе сближенными другъ съ другомъ.

Если наконецъ мы употребимъ бѣлый свѣтъ, происшедшій эффектъ будетъ составленъ изъ эффектовъ отдѣльныхъ—такой, который получился бы съ каждымъ простымъ цвѣтомъ отдѣльно: получатся радужные цвѣта, представляющіе различные цвѣта спектра.

### Интерференція при нормальномъ отраженіи.

Предыдущимъ опытомъ очень просто и наглядно подтверждается существованіе интерференціи свѣта. Итакъ мы можемъ быть увѣрены, что, когда прямопадающая волна встрѣчается съ отраженной, то онѣ могутъ и должны интерферировать.

Вообще, и это очень важно для интересующаго насъ предмета, когда лучъ свѣта падаетъ перпендикулярно къ поверхности плоскаго зеркала, то отраженная волна, встрѣчаясь съ прямопадающей производитъ передъ зеркаломъ цѣлый рядъ параллельныхъ плоскостей, попеременно свѣтлыхъ и темныхъ: темныя плоскости соотвѣтствуютъ точкамъ пересѣченія двухъ волнъ, и здѣсь свѣтовая вибрація совершенно прекращается, она напротивъ удвоена въ свѣтовыхъ плоскостяхъ. Двѣ послѣдовательныя темныя плоскости (двѣ *узловыя* плоскости, какъ говорятъ въ физикѣ), отдѣлены одна отъ другой промежуткомъ, равнымъ половинѣ длины волны. Такой же промежутокъ раздѣляетъ двѣ послѣдовательныя *тучныя* плоскости.

Это явленіе происходитъ всякій разъ, когда свѣтовая волна отражается отъ поверхности зеркала. Сейчасъ мы увидимъ, что тоже произойдетъ, если свѣтъ встрѣчаетъ на своемъ пути тонкую пластинку.

### Цвѣтныя кольца Ньютона.

Интерференція послужитъ намъ теперь объясненіемъ одного изъ самыхъ интересныхъ обыденныхъ явленій: я хочу сказать о цвѣтахъ тонкихъ пластинокъ.

Всякій замѣчалъ тѣ удивительно яркіе цвѣта, которыми отливаютъ мыльные пузыри. Разсматривая ихъ, можно найти въ нихъ всѣ простые цвѣта спектра. Къ сожалѣнію они совершенно пренебрегаются наукою по причинѣ своего непостояннаго, мѣняющагося характера.

Геній Ньютона развѣдалъ причину явленія: знаменитый физикъ нашель ее въ самой тонкости влажной стѣнки мыльнаго пузыря. Тогда онъ задумалъ воспроизвести явленія съ большею регулярностью, и вотъ что для этого было имъ предпринято.

На стеклянную, совершенно горизонтальную пластинку (*фиг. 8*), кладутъ сферическою ея стороною плоско-выпуклую чечевицу  $ADBE$ , которая касается стеклянной плоскости въ одной только точкѣ  $E$ .

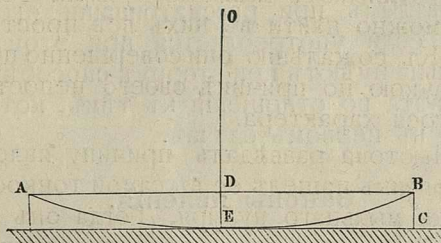
Начиная отъ этой точки, чечевица и пластинка разобщены другъ отъ друга слоемъ воздуха, который чѣмъ дальше отъ точки прикосновенія, тѣмъ толще.



При этомъ, вотъ что можно наблюдать.

Если освѣтить систему расположенныхъ такимъ образомъ двухъ стеклянныхъ тѣлъ монохроматическимъ свѣтомъ (напр. желтымъ свѣтомъ, который получается отъ горѣнія лампы съ растворомъ соли въ алкоголь), то замѣчается въ *отраженіи* черное центральное пятно, окруженное концентрическими кругами, попеременно свѣтлыми и темными. Эти кольца отстоятъ не на равномъ другъ отъ друга разстояніи, но суживаются по мѣрѣ своего удаленія отъ черного центра, соотвѣтствующаго точкѣ прикосновенія двухъ стеколъ.

ФИГ. 8.



При употребленіи свѣта различной природы, діаметръ колець то увеличивается, то уменьшается соотвѣтственно большей или меньшей длинѣ волны употребляемаго свѣта.

Изъ этого слѣдуетъ, что если приборъ освѣщается бѣлымъ свѣтомъ, то происходитъ сліяніе полученныхъ эффектовъ съ различными простыми цвѣтными лучами. Цвѣта не совпадаютъ; слѣд., не получится системы колець, попеременно черныхъ



и бѣлыхъ, получатся кольца, окрашенныя всѣми цвѣтами радуги совершенно такъ, какъ это происходитъ съ полосами интерференціи въ зеркалахъ Френеля, когда употребляютъ бѣлый свѣтъ.

Но это не все. Въмѣсто того, чтобы разсматривать систему стеколъ *черезъ отраженіе*, мы можемъ наблюдать ее *на свѣтъ*, т. е. помѣстить ее между нашимъ глазомъ и падающимъ свѣтомъ. При этомъ мы опять увидимъ кольца, только цвѣтъ ихъ будетъ въ обратномъ видѣ: тамъ, гдѣ въ предыдущемъ опытѣ мы видѣли бѣлое кольцо, теперь получится черное и наоборотъ. Напримѣръ, центръ, который былъ темнымъ и представлялся чернымъ пятномъ, когда разсматривали систему чрезъ отраженіе, дѣлается свѣтлымъ при разсматриваніи его сквозь стекло, и если употребляется при этомъ бѣлый свѣтъ, кольца имѣютъ при второмъ способѣ *дополнительные* цвѣта по отношеніи къ тѣмъ, которые наблюдались въ первомъ случаѣ.

### Законы явленія.

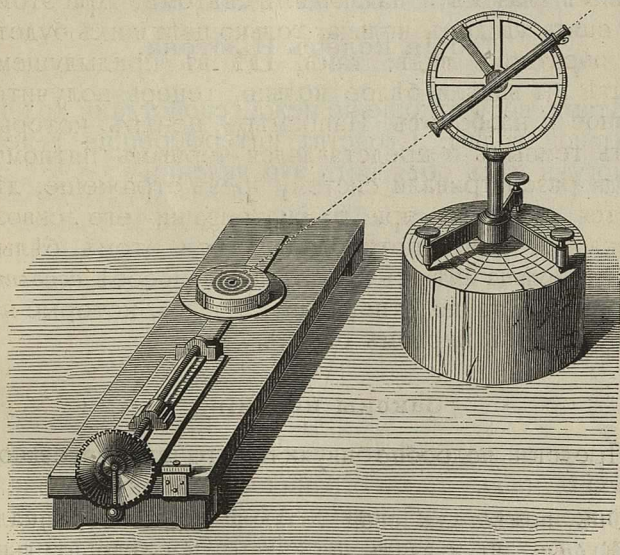
Ньютонъ подробно изучилъ это замѣчательное явленіе.

Онъ помѣстилъ свой глазъ въ О по вертикалу ODE (*фиг. 8*), и взявъ циркулемъ послѣдовательно діаметры различныхъ колецъ: раздвигъ ножекъ циркуля былъ затѣмъ измѣренъ при помощи раздѣленной линейки.

Два французскихъ ученыхъ, Provostaye и Desains устроили для изученія колецъ Ньютона очень точный приборъ, представленный на (*фиг. 9*).

Система двухъ стеколъ, чечевица и плоскость, представлена на фигурѣ съ кольцами, которые тамъ образуются и которые можно удобнѣ наблюдать съ помощью лупы. Оба стеклянные тѣла лежатъ на подвижной телѣжкѣ, которую можно передви-

Фиг. 9.



гать вдоль раздѣленной линейки при помощи микрометрическаго винта, сообщающаго имъ столь малыя перемѣщенія, какія только желательно, и притомъ вполнѣ опредѣленной длины. Все освѣщается желтымъ свѣтомъ.

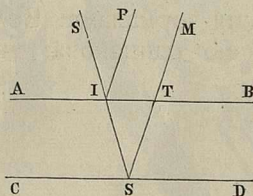
Измѣривъ съ большимъ тщаніемъ послѣдовательные діаметры различныхъ колецъ, можно найти слѣдующій законъ:

*Толщина темныхъ колецъ равняется сложеннымъ четнымъ числамъ четверти длины волны употребляемаго свѣта. — Толщина свѣтлыхъ колецъ равняется сложеннымъ нечетнымъ числамъ той-же величины.*

### Теорія колецъ Ньютона.

Итакъ, вотъ отношеніе между свойствами колецъ и длиной волны. Свойства интерференціи теперь помогутъ намъ объяснить это явленіе.

ФИГ. 10.



Представимъ себѣ тонкую прозрачную пластинку  $ABCD$  (фиг. 10.), ограниченную двумя очень сближенными плоскостями  $AB$  и  $CD$ : напр.: слой воздуха, заключенный между двумя стеклянными пластинками. Пропустимъ на приборъ лучъ свѣта  $SI$ : прежде чѣмъ продолжать свой путь черезъ слой воздуха, часть этого луча отразится отъ первой стеклянной пластинки по линіи  $IP$ ; другая его часть достигнетъ до второй пластинки  $CD$ , отъ которой отразится по линіи  $STM$ .



Два отраженные луча IP и TM, слѣд., пробѣжали по различнымъ путямъ: вторымъ лучемъ пройденъ больший путь, чѣмъ первымъ—по ломаной линіи IST; слѣд., онъ запоздалъ противъ перваго луча.

Такъ какъ это запозданіе составитъ сложное нечетное или четное число полудлины волны, то два отраженныхъ луча должны или интерферировать или дать удвоенный эффектъ цвѣта при той же длинѣ волны. Тонкія пластинки дадутъ, слѣд., впечатлѣніе цвѣтовъ, хотя онѣ по прежнему будутъ состоять изъ совершенно прозрачной субстанции.

Цвѣта пластинокъ не примутъ впрочемъ формы колецъ. Въ случаѣ, гдѣ двѣ отраженные поверхности параллельны, полосы получаются прямолинейныя или мало изогнутыя и походятъ на полосы въ опытѣ съ двумя зеркалами. Если толщина пластинокъ безусловно одинакова, цвѣтъ получается однообразный.



## ГЛАВА VI.

### Цвѣтная фотографія.

---

#### Принципъ открытія г. Липпмана.

Приобрѣтя эти необходимыя свѣдѣнія, позначимся теперь съ принципомъ открытія г. Липпмана.

Представимъ себѣ плоское металлическое зеркало, и положимъ, что его отражающая поверхность покрыта, обыкновенными принятыми въ фотографіи способами, свѣточувствительнымъ составомъ изъ альбумина или коллодіона въ смѣси съ хлористымъ или бромистымъ серебромъ. Положимъ, кромѣ того, что этотъ составъ *прозраченъ, лежитъ сплошнымъ слоемъ и безъ крупинокъ*. Пропустимъ на него лучъ какого-нибудь окрашеннаго свѣта, имѣющаго опредѣленную длину волны и занимающаго, слѣд., опредѣленное мѣсто въ спектрѣ: падающіе лучи пройдутъ сквозь свѣточувствительный и прозрачный слой состава, отразятся отъ гладкой поверхности зер-

кала и вернутся по прежнему пути, но на этомъ пути они встрѣтятся съ прямо-падающими лучами. У насъ получится двѣ свѣтовыхъ волны: прямо-падающая волна и отраженная волна, которыя и произведутъ интерференцію. Пространство передъ зеркаломъ будетъ слѣд., наполнено параллельными плоскостями—темными въ перемежку съ блестящими, разобщенными другъ отъ друга разстояніемъ, равнымъ половинѣ длины волны т. е. *четырехъ-тысячной части миллиметра*. Получится, слѣд., нѣсколь-ко этихъ плоскостей въ одной и той же толщѣ свѣточувствительнаго состава. Блестящія плоскости однѣ только и будутъ участвовать въ химическомъ измѣненіи свѣточувствительнаго слоя, образуя въ немъ темныя мѣста, тогда какъ въ мѣстахъ, со-отвѣтствующихъ темнымъ плоскостямъ, не произойдетъ никакого измѣненія. Если же мы опустимъ подвергнутую разложенію пластинку въ сѣрновати-стокислую соль натра, то вся свѣточувствительная и неразложившаяся часть состава удаляется, и остаются только безконечно тонкія пластинки воз-становленнаго серебра, въ томъ мѣстѣ, гдѣ были блестящія плоскости.

Итакъ вся толща фотографическаго состава бу-детъ раздѣлена на пластинки изъ плоскостей воз-становленнаго серебра, которыя будутъ парал-лельны между собою и отдѣлены другъ отъ друга разстояніемъ, равнымъ половинѣ длины волны того свѣта, который воздѣйствовалъ на пластинку.

Но двѣ изъ такихъ плоскостей составляютъ одну тонкую пластинку, и именно тонкую пластинку такой толщины, что, по теоріи колець Ньютона



*лучи отраженные отъ ея двухъ поверхностей даютъ при интерференціи ихъ между собою впечатлѣніе соответствующаго цвѣта.*

Итакъ, когда разсматриваютъ черезъ отраженіе фиксированную и высушенную пластинку, то видятъ воспроизведеннымъ цвѣтъ того самаго свѣтоваго луча, который падалъ на пластинку.

### **Выборъ чувствительныхъ пластинокъ.**

Таковъ принципъ этого замѣчательнаго открытія въ сущности столь же простой сколько и научной.

Но эта простота мысли требуетъ большой точности при практическомъ ея выполненіи.

Прежде всего, нужно исключить тѣ бромисто-или хлористо-желатиновые пластинки, которыя находятся въ продажѣ, и свѣточувствительный слой которыхъ представляетъ эмульсію. Въ микроскопъ эта смѣсь кажется *крупно-зернистою*, вслѣдствіе довольно твердыхъ частицъ свѣточувствительной массы. Крупинки эти въ сравненіи съ длиной полуволны имѣютъ довольно значительные размѣры: онѣ, слѣд., совершенно засоряютъ смѣсь, портятъ отражающія плоскости и препятствуютъ полному проявленію хроматическаго явленія. Кромѣ того, продажныя пластинки непрозрачны и, слѣд., не способны пропускать сквозь себя прямопадающую и отраженную волны—это вторая причина ихъ негодности.

Итакъ нужно обращаться преимущественно къ свѣточувствительнымъ составамъ изъ коллодіона и альбумина, которые обладаютъ наибольшею расплывчивостью и прозрачностью. Эти составы приготавливаются обыкновеннымъ способомъ и не содержатъ эмульсіи, но чувствительны къ серебряной ваннѣ, какъ и въ прежнихъ процессахъ съ коллодіономъ. Смѣсь изъ альбумина и коллодіона, которая составляетъ процессъ *Топено*, даетъ превосходные результаты. Г. Липпманъ употреблялъ также желатиновые пластинки, чувствительныя къ серебряной ваннѣ, подобно коллодіоннымъ.

Наконецъ, можно употреблять всякіе свѣточувствительные препараты, лишь бы только они не имѣли крупинокъ, или размѣръ этихъ крупинокъ соотвѣтствовалъ бы половинѣ длины волны.

### Экспозиція пластинки.

Теперь повидимому остается только покрыть плоское зеркало свѣточувствительнымъ составомъ.

Идея, которая естественно представляется уму, — это покрыть слоемъ серебра пластинку съ параллельными поверхностями, отполировать этотъ слой и потомъ прямо накладывать на полученное такимъ образомъ металлическое зеркало свѣточувствительный составъ.

Къ сожалѣнію, эту идею бесполезно примѣнять на практикѣ. По какому бы рецепту не былъ составленъ коллодіонъ и альбуминъ, они имѣютъ меж-

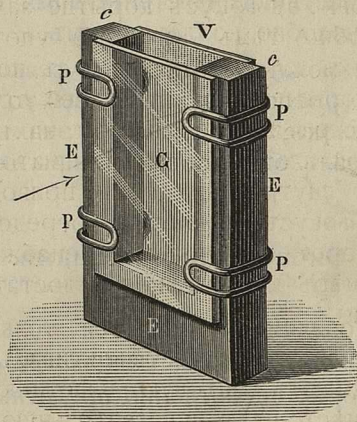


ду собою то общее, что всѣ содержать свободный іодъ: отъ него серебряный слой быстро измѣняется, темнѣетъ и превращается на своей поверхности въ іодистое серебро.

Г. Липпманъ остановился на слѣдующемъ остроумномъ приспособленіи.

Онъ покрываетъ свѣточувствительнымъ слоемъ обыкновенную стеклянную пластинку и образуетъ

Фиг. II.



изъ этой пластинки G переднюю стѣнку маленькаго прямоугольнаго корытца (фиг. II), боковыя стѣнки котораго состоятъ изъ ебонитовой рамки E, а задняя его стѣнка изъ другой стеклянной пластинки V. Обѣ стеклянныя пластинки G и V прижаты къ рамкѣ латунными жомами, P, P. Затѣмъ, въ корытце наливается ртуть. Такъ какъ свѣто-



чувствительный слой, покрывающий стеклянную пластинку, обращенъ внутрь, то онъ непосредственно соприкасается съ ртутью, которая наливается съ помощью длинной, доходящей до дна корытца воронки и наполняетъ это корытце, не пропуская въ него воздуха и образуя позади свѣточувствительнаго слоя настоящее зеркало. Этимъ маленькимъ приборомъ, который всякій можетъ устроить самъ въ нѣсколько минутъ, осуществляются на практикѣ всѣ условія, предъявленные теоріею.

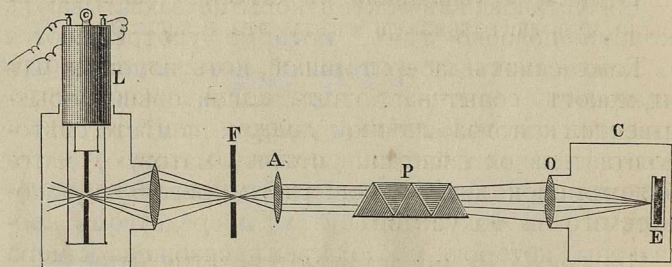
Для установки въ фокусъ корытце захватываютъ жомami подобно тѣмъ, которые употребляются въ химическихъ лабораторіяхъ, и съ помощью ихъ опускаютъ корытце противъ задней стѣнки обыкновенной фотографической камеры: на мѣсто свѣточувствительной пластинки ставятъ матовую, матовой стороной внутрь корытца и приводятъ наконечъ его въ фокусъ объектива посредствомъ кремальеры, которою, мы полагаемъ, снабжена камера (13 × 18—размѣръ камеры вполне достаточный для этой операціи).

Установивъ въ фокусъ объектива, отнимаютъ жомы Р, снимаютъ матовую пластинку и помѣщаютъ на ея мѣсто свѣточувствительную пластинку; послѣдняя ставится свѣточувствительной стороной внутрь корытца; корытце доливаютъ, и затѣмъ можно приступить къ экспозиціи.

*Фиг. 12* представляетъ опытъ фотографирования цвѣтовъ спектра въ томъ видѣ, какъ онъ былъ произведенъ проф. Липпманомъ въ его физической лабораторіи въ Сорбоннѣ. На этой фигурѣ, L пред-

ставляетъ электрическую лампу, F—щель, въ которой сосредоточиваются лучи свѣта съ помощью чечевицы; за этой щелью другая чечевица собираетъ лучи, которые выходятъ изъ нея параллельными, P—призма „à vision directe“, которая разлагаетъ бѣлый свѣтъ и производитъ спектръ; O—объективъ фотографической камеры C, и наконецъ E представляетъ описанное уже нами корытце съ ртутью и чувствительною пластинкою.

Фиг. 12.



### Продолжительность экспозиціи. Цвѣтные экраны.

Для большей успѣшности опыта, продолжительность экспозиціи является вопросомъ капитальной важности; онъ всегда рѣшается нѣсколько гадательно.

Г. Липпманъ пользовался въ качествѣ источника свѣта, для замѣны солнца, электрической лампой Канса (lampe à arc), силою въ 800 свѣчей. При этомъ онъ получалъ очень яркій спектръ.



Этотъ спектръ имѣетъ одинъ край краснымъ, и его слѣдовало сфотографировать. Но извѣстно какою ничтожною химическою энергіею обладаютъ красные лучи: они вліяютъ на пластинки слишкомъ медленно, чтобы можно было пользоваться краснымъ свѣтомъ для воспроизведенія, не опасаясь „вуализировать“ желатино-бромистое серебро. Всѣ фотографы знаютъ, впрочемъ, очень хорошо, что красные предметы выходятъ на позитивахъ черными; слѣд., они не воспроизводятся на негативной пластинкѣ, вставленной въ камеру, какъ бы ни была чувствительна къ свѣту эта пластинка.

Тоже самое и съ экспозиціей, которая, не смотря на яркость солнечнаго свѣта, когда нужно воспроизвести красный цвѣтъ, должна длиться очень долго: она колеблется смотря по тому, употребляется ли коллодіонъ или альбуминъ, между полчаса и двумя часами.

Но здѣсь-то и представляется затрудненіе.

Если красный цвѣтъ воспроизводится медленно, за то голубой и фіолетовый—какъ цвѣта весьма энергичные къ свѣту, совершенно должны испортить пластинку, если ее выдерживать въ камерѣ все время, необходимое для наилучшаго воспроизведенія краснаго цвѣта. Нужно было, слѣд., найти средство выдерживать красный цвѣтъ довольно продолжительное время, допуская въ тоже время для зеленаго, болѣе энергичнаго, продолжительность экспозиціи только нѣсколько минутъ, и ограничить ее для голубаго и фіолетоваго нѣсколькими секундами.



Г. Липпманъ успѣлъ въ этомъ, устанавливая на пути свѣтового луча небольшое стеклянное корытце, наполненное растворомъ краснаго геліантина. Эта субстанція совершенно поглощаетъ зеленые, голубые и фіолетовые лучи и пропускаетъ только красные и желтые. Слѣд., благодаря этому цвѣтному экрану, можно выдерживать красный цвѣтъ все потребное для него время, не рискуя подернуть вуалемъ зеленыя и голубыя мѣста.

Когда красный цвѣтъ достаточно выдержанъ, корытце съ геліантиномъ замѣняютъ такимъ же корытцемъ, содержащимъ растворъ двухромиклаго кали, который пропускаетъ зеленые и красные и задерживаетъ голубые лучи: при этихъ условіяхъ свободно воспроизводятъ ту часть пластинки, которая соотвѣтствуетъ зеленому цвѣту спектра; красный продолжаетъ выстаиваться въ это время.

Наконецъ чтобы получить голубой, совершенно открываютъ объективъ, не прибѣгая болѣе къ экранамъ; голубой и фіолетовый воспроизводятся въ свою очередь, и такимъ образомъ экспозиція окончена.

### Проявленіе.

Если употребляютъ для сниманія альбуминную пластинку, то ее можно проявить, какъ извѣстно, двумя различными процессами: проявленіемъ кислымъ или щелочнымъ.

Если употребляют кислый проявитель (напр. дубильную кислоту), нужно выдерживать пластинку нѣсколько долѣе и дожидаться полного проявленія; если же пользуются щелочнымъ проявителемъ, слѣдуетъ выдерживать немного меньшее время, по причинѣ большей энергіи вызывателя.

Во всѣхъ случаяхъ, при производствѣ операци, не слѣдуетъ упускать изъ виду, что хотятъ сдѣлать изъ серебра, отложившагося въ самой толщѣ пластинки. Если найдутъ изображеніе неудовлетворительнымъ, можно, передъ фиксажемъ, подкрѣпить его кислотой. Однако не слѣдуетъ слишкомъ злоупотреблять этимъ подкрѣпленіемъ, иначе въ чувствительномъ слоѣ могутъ образоваться *пустки*, которые замаскируютъ отражательную способность серебряныхъ пластинокъ, предназначенныхъ для воспроизведенія цвѣтовъ.

### **Фиксажъ. Появленіе цвѣтовъ.**

Для фиксажа постоянно употребляется сѣрноватисто-кислый натръ въ количествѣ 150 гр. на литръ. Фиксажъ дѣйствуетъ очень быстро, по причинѣ незначительной толщины растворовъ коллодіона или альбумина.

Во время проявленія и фиксажа цвѣта еще не видны; они начинаютъ появляться при сушкѣ. Серебряныя пластинки оказываются при этомъ на томъ же разстояніи другъ отъ друга, которое онѣ имѣли во время своего отложенія подъ дѣйствіемъ



интерференціи свѣта на чувствительной пластинкѣ, высушенной во время экспозиціи.

Чтобы увидѣть цвѣта въ наиболѣе выгодныхъ условіяхъ, нужно разсматривать пластинку, *освѣщенную разсѣяннымъ свѣтомъ* черезъ отраженіе, будь то дневной свѣтъ или свѣтъ, исходящій изъ-подъ бѣлаго абажура. Ни въ коемъ случаѣ не слѣдуетъ, если хотять видѣть изображеніе въ полномъ блескѣ, разсматривать пластинку, непосредственно освѣщенную свѣтовымъ источникомъ.

Цвѣта имѣютъ такой видъ, о которомъ нельзя сдѣлать себѣ представленіе, не видавъ ихъ: они отливаютъ металлическимъ блескомъ, который придаетъ имъ необыкновенную живость. Почти бесполезно увѣрять въ абсолютной неизмѣняемости полученнаго такимъ образомъ изображенія, такъ какъ цвѣтъ произведенъ не какимъ-нибудь пигментомъ, способнымъ измѣняться подъ вліяніемъ свѣта, а происходитъ отъ механической обработки свѣтовыхъ колебаній. Изимѣняемость его такова, что можно проектировать на экранѣ изображенія этихъ спектровъ при яркомъ электрическомъ освѣщеніи, нисколько не опасаясь измѣнить ихъ цвѣта.

Успѣхъ этихъ опытовъ доказываетъ неопровержимымъ образомъ изящество фотографической работы: въ моментъ воспроизведенія пластинка сухая, и растворъ желатины, коллодіона или альбумина имѣетъ опредѣленную въ каждомъ случаѣ консистенцію. Во время операціи проявленія, фиксажа и промывки, пластинка погружается въ ванны различной природы, которыя насыщаютъ и измѣ-



няютъ ея структуру; послѣдняя приходитъ въ норму только послѣ сушки. Далѣе, при всѣхъ этихъ условіяхъ серебряныя отражающія плоскости оказываются на своемъ прежнемъ мѣстѣ, и такъ какъ разстояніе между двумя такими плоскостями, въ среднемъ, равняется четыремъ-тысячнымъ миллиметра, то можно судить по этому о поистинѣ удивительной точности, совершаемой фотографіей.

### Воспроизведеніе сложныхъ цвѣтовъ.

Опытъ съ цвѣтнымъ фотографированіемъ спектра оконченъ, такъ какъ получены всѣ простые цвѣта; слѣд., проблема воспроизведенія простыхъ цвѣтовъ окончательно рѣшена.

Теперь спрашивается, можно ли воспроизвести сложные цвѣта, въ которые бываютъ окрашены различные предметы.

Можно предсказать à priori, что эта задача рѣшается такимъ же образомъ, потому что при алгебраическомъ изученіи свойствъ вибрирующаго движенія, можно, прилагая знаменитую теорему Фуріе, доказать, что періодическія движенія могутъ сливаться, давая начало единичному періодическому движенію.

Г. Липпманъ помѣшалъ передъ своимъ приборомъ два цвѣтныхъ стекла, одно голубое, другое зеленое, пропуская сквозь нихъ электрическій свѣтъ. Стекла эти, вышедшія изъ стеклянной ма-

стерской Ch. Champineulle, были взяты наугадъ и были далеки отъ того, что мы называемъ простымъ цвѣтомъ, такъ какъ при разсматриваніи въ спектроскопъ замѣтно пропускали всѣ цвѣта въ самыхъ разнообразныхъ пропорціяхъ, слѣд., они содержали всевозможныя длины волнъ, и прекрасно производили два сложныхъ цвѣта.

Полученный снимокъ былъ очень удовлетвори-теленъ и далъ оба цвѣта самымъ безукоризненнымъ образомъ.

Слѣд., можно утверждать, что найденный г. Липпманомъ способъ безусловно универсаленъ и приложимъ во всѣхъ случаяхъ.

### Дополненіе.

Что же остается сдѣлать, чтобы фотохроматическій процессъ г. Липпмана вошелъ *во всеобщее употребленіе*?

Приготовить Липпмановскіе приборы, для болѣ легкой экспозиціи въ камерѣ, изъ пластинокъ большихъ размѣровъ: этотъ матеріальный вопросъ не стѣснить нашихъ искусныхъ фотографовъ. Затѣмъ, надо найти болѣ чувствительныя, чѣмъ нынѣшнія субстанции, которыя, слѣд., позволятъ уменьшить продолжительность экспозиціи, въ особенности для краснаго цвѣта; этотъ вопросъ труденъ для рѣшенія, но несомнѣнно разрѣшимъ. Достаточно перенестись къ исторіи обыкновенной фотографіи, чтобы увидѣть какую революцію произвела бромисто-же-



латиновая эмульсія, которая позволяет въ настоящее время получать требуемое клише въ одну сотую секунды, съ сухимъ же коллодіономъ необходимо десять минутъ экспозиціи: слѣд., разница чувствительности той и другой субстанціи относится какъ 60000 : 1.

Впрочемъ, слѣдуетъ замѣтить, что даже съ пластинками альбуминными и коллодіонными, которые употреблялъ г. Липпманъ, воспроизведеніе краснаго цвѣта требуетъ тоже довольно продолжительное время; другія части спектра проявляются въ нѣсколько минутъ, а фіолетовый и голубой даже въ нѣсколько секундъ. Нѣкоторыя пластинки, употреблявшіяся въ недавніе опыты, требовали экспозиціи для воспроизведенія краснаго только пять минутъ: это уже почти нормальная продолжительность экспозиціи.

Впрочемъ, повидимому столь большая чувствительность желатино-бромистаго серебра существуетъ только для голубыхъ и фіолетовыхъ предметовъ. Извѣстно изъ повседнежнаго опыта, что деревья всегда выходятъ на обыкновенныхъ клише глубоко черными, тоже самое и трава; желтые цвѣта, всегда бывающіе въ природѣ съ яркими оттенками, выходятъ черными; красные, алые цвѣта, какъ бы они ни были ярки, даютъ всегда темныя изображенія, точно они были черными. Напротивъ фіолетовые и голубые цвѣта, въ естественномъ видѣ густые, темные и мало выдѣляющіеся, сильно воспринимаются пластинками и производятъ на клише бѣлыя части, которая даютъ впечатлѣніе прямо-противоположное изображаемому предмету.



Итакъ, броможелатинъ не воспріимчивъ къ краснымъ лучамъ? Вовсе нѣтъ. Всегда возможно, помѣстивъ яркокрасный предметъ на черномъ фонѣ, получить съ этого предмета, по весьма основательной причинѣ, яркое изображеніе на темномъ фонѣ, но для этого необходимо нѣсколько часовъ экспозиціи, причемъ нужна защита отъ разсѣяннаго свѣта, содержащаго голубые лучи.

При такихъ обстоятельствахъ г. Липпманъ опубликовалъ въ 1889 г. процессъ „Photographie orthochromatique“ и во время Выставки 1889 г. экспонировалъ свои опыты въ витринахъ Министерства Народнаго Просвѣщенія. Этотъ процессъ подраздѣляетъ время экспозиціи на три періода: въ первый періодъ пластинка воспринимаетъ со снимаемаго предмета только фіолетовые и голубые лучи: для этого достаточно на нѣсколько секундъ помѣстить передъ объективомъ голубое стекло. Во второй періодъ, передъ объективомъ ставятъ зеленое стекло, задерживающее голубые лучи; для воспроизведенія зеленаго необходимо допустить нѣсколько минутъ, понятно, разнообразя продолжительность экспозиціи соотвѣтственно яркости предмета. Наконецъ въ третій и послѣдній періодъ объективъ прикрывается краснымъ стекломъ, совершенно задерживающимъ голубые и зеленые лучи, пластинка воспринимаетъ красныя части предмета; нерѣдко необходимо для полученія удовлетворительнаго снимка нѣсколько часовъ экспозиціи. Итакъ, мы видимъ изъ этого примѣра, что цвѣтная фотографія не медленнѣе обыкновенной фотографіи, если требуется точность выполненія;

г. е. если требуется воспроизвести *свѣтлыми* свѣтлыми части предмета, включая сюда и красныя его части.

Можно сказать, что уже теперь методъ г. Липпмана позволяетъ получать цвѣтныя изображенія со стеколъ и сильно освѣщенныхъ предметовъ, нисколько не увеличивая продолжительность экспозиціи.

Понятно, всѣ эти снимки получались на стеклѣ, но конечно слой желатины всегда можно отдѣлить и *перенести* его на бумагу. Такой переносъ въ настоящее время знакомъ всѣмъ фотограмамъ, и не представляетъ никакой практической трудности въ умѣлыхъ рукахъ.

### Причина неудачъ прежнихъ опытовъ.

Теперь, когда г. Липпманъ обнародовалъ теорію цвѣтной фотографіи, легко объяснить, почему замѣчательный опытъ Эдмонда Беккереля не далъ положительныхъ результатовъ, иначе, почему изображение полученнаго имъ спектра не могло быть фиксировано.

Этотъ ученый составлялъ свѣточувствительный слой изъ хлорноватистокислой соли серебра, которымъ покрывалъ полированную поверхность пластинки изъ накладнаго серебра. При этомъ узловыя и пучныя плоскости, которыя—тотъ же органъ физическаго воспроизведенія цвѣтовъ, воспроизводились въ толщѣ этого слоя, и глазъ полу-



чалъ впечатлѣніе спектральныхъ цвѣтовъ. Но если затѣмъ пластинку опускали въ растворъ сѣрно-ватистокислаго натра, чтобы закрѣпить полученное изображение, части, заключающіяся между пучными плоскостями, наиболѣе дѣятельными, разрушались. Такъ какъ эти частицы составляли единственную преграду, отдѣлявшую отражающія пластинки на разстояніи половины длины волны, то по исчезновеніи этой преграды отражающія пластинки обрушивались однѣ на другія, и вся окраска должна была исчезнуть: такъ это и было. Если теперь, вмѣсто фиксированія пластинки, ее выставляютъ снова на дневной свѣтъ, этотъ послѣдній будетъ вліять на все еще чувствительныя къ свѣту части, расположенныя въ промежуткахъ между пучными плоскостями, и они воспроизведутся въ свою очередь: вся матерія, слѣд., будетъ измѣнена въ однообразный видъ, и изображение опять-таки исчезнетъ.

Въ опытѣ г. Липпмана, напротивъ, чувствительный слой воспроизводится въ массѣ прозрачной субстанции коллодіонъ, желатинъ или альбуминъ, которые служатъ связующимъ средствомъ для серебряныхъ пластинокъ. Эта субстанція отъ фиксажа не разрушается, и уничтожается только заключающееся въ немъ неотложившееся хлористое серебро: она служитъ, слѣд., основой въ строеніи отражающихъ параллельныхъ пластинокъ и поддерживаетъ постоянно раздѣляющее ихъ разстояніе, которое необходимо для произведенія цвѣтовъ посредствомъ интерференціи.

### З а к л ю ч е н і е.

Смѣло можно сказать, что теперь фотографія вступила въ послѣднюю стадію своего развитія: рѣшеніе единственной остававшейся еще проблемы найдено, и рѣшеніе это категорично, такъ какъ научно и правильно. Ничего въ этихъ опытахъ, производившихся въ теченіе трехъ лѣтъ не осталось неразгаданнымъ: напротивъ, все отыскивалось попутно съ изслѣдованіями по методамъ чистой физики. Блестящій успѣхъ, полученный проф. Липпманомъ будетъ триумфомъ для чистой науки.

Это также триумфъ для французской науки, такъ какъ способъ воспроизведенія цвѣтнаго спектра при помощи тонкихъ серебряныхъ пластинокъ представляетъ матеріализацію, совершенную французскимъ ученымъ, — матеріализацію тѣхъ свѣтовыхъ волнъ, существованіе которыхъ впервые угадано гениальнымъ ученіемъ другаго знаменитаго француза: я говорю объ *Августинѣ Френелѣ*.

К О Н Е Ц Ъ.



# Оглавление.

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Предисловіе . . . . . | стр. 3 |
|-----------------------|--------|

## Г Л А В А І.

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Историческій очеркъ . . . . . | 5 |
|-------------------------------|---|

## Г Л А В А ІІ.

### О волнообразныхъ движеніяхъ.

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| Скорость распространенія . . . . .                | 8  |
| Вибрирующія движенія. . . . .                     | 10 |
| Длина волны. Продолжительность вибраціи . . . . . | 11 |
| Звуковыя волны . . . . .                          | 12 |

## Г Л А В А ІІІ.

### Интерференція.

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Отраженіе волнообразнаго движенія . . . . .                    | 14 |
| Интерференція прямопадающей волны и волны отраженной . . . . . | 16 |

## Г Л А В А ІV.

### Свѣтovyя волны.

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Свѣтовой эфиръ . . . . .             | 18 |
| Скорость свѣта . . . . .             | 19 |
| Бѣлый свѣтъ. Простые цвѣта . . . . . | 20 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Дополнительные цвѣта . . . . . | 21 |
| Теорія Френеля . . . . .       | 22 |
| Сложные цвѣта . . . . .        | 24 |
| Цвѣтность тѣлъ . . . . .       | 26 |

## Г Л А В А V.

### Интерференція свѣта.

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| Опытъ съ двумя зеркалами . . . . .                | 27 |
| Интерференція при нормальномъ отраженіи . . . . . | 29 |
| Цвѣтные кольца Ньютона . . . . .                  | 30 |
| Законы явленія . . . . .                          | 32 |
| Теорія колець Ньютона . . . . .                   | 34 |

## Г Л А В А VI.

### Цвѣтная фотографія.

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Принципъ открытія г. Липпмана . . . . .                  | 36 |
| Выборъ чувствительныхъ пластинокъ . . . . .              | 38 |
| Экспозиція пластинки . . . . .                           | 39 |
| Продолжительность экспозиціи. Цвѣтные<br>экраны. . . . . | 42 |
| Проявленіе . . . . .                                     | 44 |
| Фиксажъ. Появленіе цвѣтовъ . . . . .                     | 45 |
| Воспроизведеніе сложныхъ цвѣтовъ . . . . .               | 47 |
| Дополненіе . . . . .                                     | 48 |
| Причина неудачъ прежнихъ опытовъ . . . . .               | 51 |
| Заключеніе . . . . .                                     | 52 |











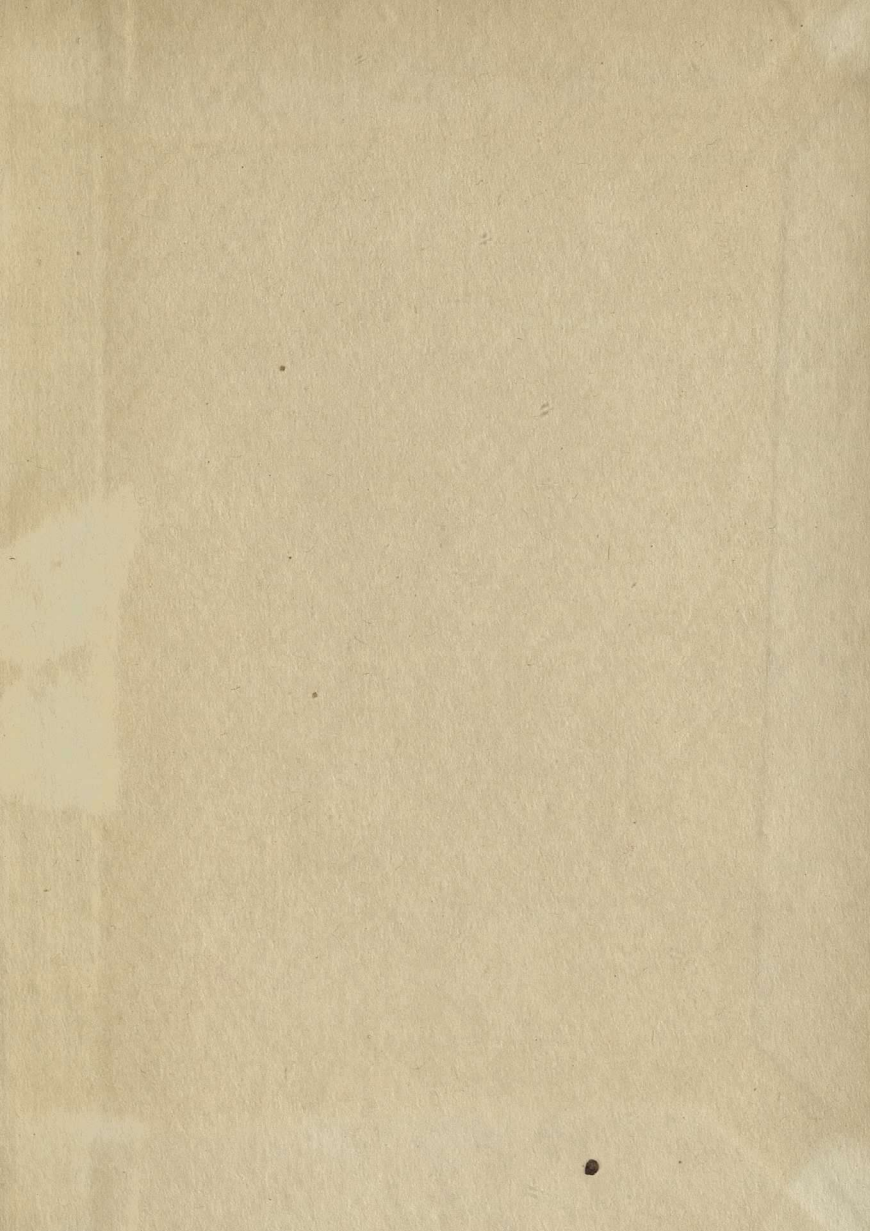
Складъ изданія

Москва, Волхонка, книжный магазинъ А. Г. КОЛЬЧУГИНА.











1500243602