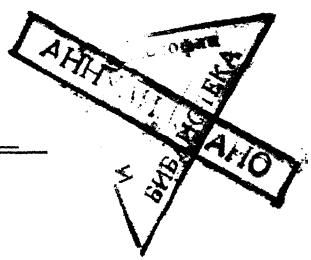
Проф. Г. Челпановъ.

ВВЕДЕНІЕ

ВЪ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНУЮ ПСИХОЛОГІЮ.

Съ 180 рисунками въ текстѣ.



Типо-литогр. Т-ва И. Н. КУШНЕРЕВЪ и К°. Пименовская ул., с. д.
Москва—1915.

2-й экз

Пров. 1958

„Пров '58"

BF
91



298
44

ОГЛАВЛЕНІЕ.

ГЛАВА I. *Стр.*

Понятіе функціи и геометрическое изображеніе функцій.

Функціональная зависимость.—Система координатъ.—Графическое изображеніе функціональной зависимости.—Кривая частоты.—Коллективный предметъ.—Литература 1

ГЛАВА II.

О вѣроятности ошибокъ.

Вѣроятность событія.—Возможность предугадыванія событій.—Законъ большихъ чиселъ.—Наиболѣе вѣроятное значеніе.—Ошибки постоянныя и ошибки случайныя.—Теорема сложенія и теорема умноженія въ теоріи вѣроятности.—Законъ вѣроятности ошибокъ.—Нормальная кривая ошибокъ.—Эмпирическія аксіомы вѣроятности ошибокъ.—Литература 8

ГЛАВА III.

Кривая ошибокъ.

Связь величины ошибки съ ея вѣроятностью.—Кривая вѣроятности или кривая ошибокъ.—Опредѣленіе вѣроятности ошибки.—Интегралъ ошибокъ.—Его приложеніе.—Нормальная или Гаусовская кривая.—Ассиметрическія кривыя.—Литература 16

ГЛАВА IV.

Вѣроятное значеніе и мѣра точности.

Среднее ариѳметическое.—Мѣра точности измѣренія.—Среднее уклоненіе или средняя варіяція.—Квадратичная ошибка.—Методъ наименьшихъ квадратовъ.—Средняя квадратичная ошибка измѣренія.—Мѣра точности h.—Средняя ошибка отдѣльныхъ измѣреній.—Медіана.—Наиболѣе частое значеніе.—Литература . . . . . —

ГЛАВА V.

Вѣроятная ошибка. *Стр.*

Понятіе вѣроятной ошибки.—Нахожденіе величины ея.—Графика вѣроятной ошибки.—Опредѣленіе количества ошибокъ, соотвѣтствующаго дробнымъ и кратнымъ частямъ вѣроятной ошибки. — Соотвѣтствіе количества ошибокъ въ предѣлѣ $\pm \frac{x}{w}$ въ эмпирическомъ измѣреніи съ вычисленнымъ количествомъ ихъ.—Литература . . . . . —

ГЛАВА VI.

Ощущеніе цвѣта.

Стороны ощущенія цвѣта.—Хроматическіе и ахроматическіе цвѣта.—Схема распредѣленія ахроматическихъ цвѣтовъ.—Схема распредѣленія хроматическихъ цвѣтовъ.—Физическое объясненіе сторонъ цвѣтового ощущенія.—Законы смѣшенія цвѣтовъ.—Схематическое изображеніе законовъ смѣшенія цвѣтовъ (цвѣтовой треугольникъ).—Задачи 7—12 . . . . . 50— 54

ГЛАВА VII.

Явленія контраста въ области цвѣтовыхъ ощущеній.

Контрастъ.—Отрицательныя послѣдовательныя изображенія.—Опытъ Мейера.—Цвѣтныя тѣни.—Опытъ Рагона Шина.—Количественное опредѣленіе контраста.—Контрастъ послѣдовательный и одновременный.—Объясненія явленій контраста.—Споръ Геринга съ Гельмгольцемъ.—Задачи 13—18a.—Литература . . . . . 65— 80

ГЛАВА VIII.

Слуховыя ощущенія.

Шумы и музыкальные тоны.—Высота тона.—Октава.—Полутоны. — Чистый строй. — Темперированный строй. — Интервалы.—Аккорды.—Тембръ.—Біеніе. — Комбинаціонные тоны.—Консонансъ и диссонансъ.—Задачи 19—24.—Литература . . 81— 95

ГЛАВА IX.

Монокулярное зрѣніе.

Аккомодація. — Опытъ Шейнера. — Непрямое видѣніе. — Слѣпое пятно.—Офтальмотропъ.—Задачи 25—28 . . . . . 96—107

ГЛАВА X.

Бинокулярное зрѣніе.

Двойственныя изображенія: гомонимныя и гетеронимныя.—Стереоскопъ Брьюстера и стереоскопъ Уитстона. — Теорія

Стр.

проэкціи.—Теорія тождественныхъ направленій.—Значеніе конвергенціи и аккомодаціи при воспріятіи третьяго измѣренія.—Опыты Геринга и Греефа.—Задачи 29—34.—Литература . . . . . 108—123

ГЛАВА XI.

Хроноскопъ.

Простая реакція.—Гальваническій элементъ.—Аккумуляторъ.—Электромагнитъ.—Ключъ для замыканія и размыканія тока.—Реактивный ключъ.—Губной ключъ.—Остаточный магнетизмъ.—Коммутаторъ простой.—Коммутаторъ Поля.—Сопротивленіе.—Реостатъ.—Хроноскопъ.—Циферблаты.—Способъ отсчитыванія на циферблатахъ.—Задачи 35—39 . . . . . 124—136

ГЛАВА XII.

Хроноскопъ (продолженіе).

Механизмъ хроноскопа.—Электромагниты и ихъ значеніе.—Пружины.—Измѣреніе скорости реакціи при помощи хроноскопа.—Первая схема пользованія хроноскопомъ.—Fallapparat Hipp'a.—Вторая схема.—Зрительный раздражитель Мюллера.—Ремеровскій звуковой размыкатель.—Побочный токъ.—Третья схема.—Четвертая схема.—Провѣрка хроноскопа при помощи 1) Fallapparat'a Hipp'a и 2) контрольнаго молотка.—Задачи 40—45.—Литература . . . . . 137—157

ГЛАВА XIII.

Измѣреніе сложныхъ реакцій.

Сложныя реакціи: узнаваніе, различеніе, выборъ, ассоціаціи.—Задачи 46—50 . . . . . 158—164

ГЛАВА XIV.

Графическое измѣреніе времени.

Психодометръ.—Опредѣленіе времени по числу волнъ на кривой психодометра.—Электрическій отмѣтчикъ.—Кимографъ.—Маятникъ.—Хронографъ Жакэ.—Измѣреніе времени простой реакціи съ помощью хронографа.—Задачи 51—56 . . . . . 165—176

ГЛАВА XV.

Графическая регистрація движеній.

Мареевскій барабанъ.—Сфигмографъ.—Кардіографъ.—Пневмографъ.—Плетисмографъ.—Эргографъ.—Задачи 57—61 . . . . 177—185

ГЛАВА XVI

Изслѣдованіе памяти. *Стр.*

Однородный матеріалъ: слоги Эббингауза, цифры Мюнстенберга.—Экспозиція матеріала.—Аппаратъ Г. Э. Мюллера.—Аппаратъ Раншбурга.—Прерыватели тока.—Аппаратъ Вирта.—Составленіе безсмысленныхъ слоговъ.—Способъ Эббингауза.—Правила Мюллера и Шумана.—Методы изслѣдованія памяти.—Задачи 62—67.—Литература . . . . . 186—201

ГЛАВА XVII.

Экспериментальное изслѣдованіе вниманія.

Узость сознанія.—Объемъ вниманія.—Тахистоскопъ.—Колебанія вниманія.—Опыты съ компликаціей.—Задачи.—Литература . 202—209

ГЛАВА XVIII.

Психофизическіе методы. Методъ минимальныхъ измѣненій.

Абсолютный и разностный порогъ.—Верхній и нижній пороги.—Нисходящій и восходящій ряды экспериментовъ.—Схема метода минимальныхъ измѣненій.—Способъ записыванія данныхъ эксперимента.—Формулы для нахожденія порога.—Задачи.—Литература . . . . . 210—233

ГЛАВА XIX.

Методъ среднихъ ошибокъ.

Сущность метода.—Сырая ошибка.—Средняя ошибка.—Чистая перемѣнная ошибка.—Чистая средняя ошибка.—Постоянная ошибка.—Опредѣленіе степени точности установокъ черезъ вычисленіе вѣроятной ошибки.—Примѣръ записи результатовъ, полученныхъ по методу среднихъ ошибокъ.—Задачи . 224—230

ГЛАВА XX.

Методъ постоянныхъ раздраженій.

Сущность метода.—Примѣръ его примѣненія.—Вычисленіе величины порога.—Графическое изображеніе.—Верхній и нижній пороги.—Задачи . . . . . 231—239

ГЛАВА XXI.

Методъ равныхъ интерваловъ.

Сущность метода.—Схема примѣненія его.—Запись результатовъ.—Задачи.—Литература . . . . . 240—246

ПРИЛОЖЕНІЕ I.

Основныя понятія электротехники. *Стр.*

Литература.—Гальваническіе элементы.—Электрическія единицы.—Вольтметръ и амперметръ.—Измѣреніе сопротивленія.—Предохранители и короткое замыканіе.—Соединеніе элементовъ.—Индукція и принципы динамомашины.—Машины перемѣннаго тока.—Трехфазный токъ.—Обратимость динамомашины.—Двигатель прямого тока.—Двигатели перемѣннаго тока.—Умформеръ.—Аккумуляторы и ихъ зарядка . . . . . 247—271

ПРИЛОЖЕНІЕ II.

Распредѣленіе электрической энергіи въ психологической лабораторіи . . . . . 272—276

ПРИЛОЖЕНІЕ III.

Таблицы квадратовъ чиселъ отъ 10 до 99.—Табица корней квадратныхъ чиселъ отъ 0.1 до 9.9.—Таблица корней квадратныхъ чиселъ отъ 10 до 100.—Таблица численныхъ значеній дроби $\frac{0.6745}{\sqrt{n-1}}$ . . . . . 278—279

Перечень задачъ . . . . . 280—282
Указатель чертежей и рисунковъ 283
Указатель терминовъ и пр. 288
Указатель именъ 293
Опечатки 294

Посвящается

С. И. Щукину.

Глубокоуважаемый

Сергѣй Ивановичъ!

Принеся въ даръ Московскому Университету Психологическій Институтъ, Вы оказали неоцѣнимую услугу русской психологіи и создали чрезвычайно благопріятныя условія для занятій психологіей въ Московскомъ Университетѣ.

Позвольте посвятить Вамъ настоящій скромный трудъ, какъ выраженіе искреннѣйшей благодарности отъ меня и отъ членовъ Психологическаго Института, на долю которыхъ выпало счастье первыми воспользоваться всѣми благами этого богато обставленнаго учрежденія.

Авторъ.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Three years of instruction and three years of investigation.

Titchener.

Три года на подготовку, три года на самостоятельныя изслѣдованія.

Тичнеръ.

Настоящая книга не есть учебникъ, который въ большей или меньшей полнотѣ излагалъ бы результаты, достигнутые современной экспериментальной психологіей. Если бы я задался цѣлью представить сводку такихъ результатовъ, то долженъ былъ бы написать книгу значительно бо̀льшую, потому что современная экспериментальная психологія безгранично велика по объему и по разнообразію изучаемыхъ ею вопросовъ.

Содержаніе, объемъ и форма изложенія настоящей книги всецѣло опредѣляются той задачей, которая ею преслѣдуется. Книга предназначается для студентовъ высшихъ учебныхъ заведеній, въ которыхъ имѣются психологическія лабораторіи, и именно, какъ руководство для лабораторныхъ занятій.

Въ книгѣ излагаются не результаты экспериментальныхъ изслѣдованій, а методы изслѣдованія. Въ этомъ смыслѣ она могла бы быть названа методикой экспериментальной психологіи.

Я не ставилъ цѣли исчерпать все содержаніе современной экспериментальной психологіи. Это, какъ я уже

сказалъ выше, было бы просто невозможно въ виду безграничнаго объема экспериментальной психологіи. Поэтому я избралъ только такіе эксперименты, которые возможно производить при коллективномъ обученіи. Они вполнѣ доступны пониманію начинающаго, достаточно просты для того, чтобы получить опредѣленные результаты, и достаточно типичны для того, чтобы имѣть руководственное значеніе для послѣдующихъ самостоятельныхъ изслѣдованій.

Число экспериментовъ, изложенныхъ въ настоящей книгѣ, оправдывается чисто практическими соображеніями. Именно, какъ разъ такое число экспериментовъ мы успѣвали сдѣлать при 4 часахъ въ недѣлю въ нашихъ занятіяхъ въ Психологическомъ Институтѣ Московскаго Университета. Я думаю, что это есть максимальная норма для русскихъ университетовъ. Больше времени едва ли возможно посвятить практическимъ занятіямъ того вида, который излагается въ настоящей книгѣ.

Какъ нужно пользоваться книгой?

Чтобы отвѣтить на этотъ вопросъ, я вкратцѣ изложу, какъ я веду занятія въ просеминаріи по экспериментальной психологіи при Московскомъ Психологическомъ Институтѣ вотъ уже семь лѣтъ.

Въ семинарій принимаются только тѣ студенты, которые имѣютъ въ виду избрать своей спеціальностью научную разработку психологіи. Поэтому студентъ, предполагающій поступить въ семинарій, долженъ подвергнуться нѣкоторому испытанію въ его дѣйствительномъ интересѣ къ научнымъ занятіямъ по психологіи.

На первомъ году пребыванія въ университетѣ студентъ только слушаетъ курсы психологіи и другихъ философ-

скихъ дисциплинъ. Въ концѣ года онъ сдаетъ colloquium по этимъ предметамъ и, въ случаѣ удовлетворительной сдачи, онъ принимается въ члены просеминарія по экспериментальной психологіи. На второмъ году проходитъ практически экспериментальную психологію въ объемѣ предлагаемаго руководства и въ то же время продолжаетъ слушать теоретическіе курсы по психологіи и другимъ философскимъ дисциплинамъ. На третьемъ году онъ принимается въ члены психологическаго семинарія, участвуетъ въ семинаріяхъ по общей и экспериментальной психологіи и, кромѣ того, непремѣнно участвуетъ въ качествѣ испытуемаго въ самостоятельныхъ изслѣдованіяхъ, которыя ведутъ старшіе члены семинарія. Такое участіе является прекрасной школой для развитія самонаблюденія и для ознакомленія съ тѣмъ, какъ ведутся самостоятельныя занятія. И только на четвертомъ году пребыванія въ университетѣ ему предоставляется тема для самостоятельной разработки.

Я считаю чрезвычайно полезнымъ для практиканта послѣ того, какъ онъ переработаетъ практикумъ, взять какое-либо уже извѣстное изслѣдованіе и повторить его во всѣхъ деталяхъ. Это является очень хорошимъ средствомъ для ознакомленія съ деталями психологической методики.

Въ просеминарій я принимаю обыкновенно 18 человѣкъ, не больше. Мнѣ кажется, что это число можетъ въ самыхъ большихъ университетахъ удовлетворить тѣхъ, кто предполагаетъ сдѣлаться спеціалистомъ по психологіи. Участники разбиваются на шесть группъ. Въ каждой группѣ практикантъ поперемѣнно долженъ быть экспериментаторомъ, испытуемымъ и протоколистомъ. Наблюденія и измѣренія, произведенныя практикантомъ, должны быть имъ тщательно запротоко-

лированы и въ недѣльный срокъ представлены руководителю занятій. Въ случаѣ неудовлетворительнаго исполненія работы практикантъ долженъ повторить ее еще разъ.

Теперь мы можемъ отвѣтить на вопросъ, какъ долженъ практикантъ пользоваться настоящимъ руководствомъ при практическихъ занятіяхъ. Оно представляетъ собою переработку литографированнаго изданія „Курса экспериментальной психологіи", вышедшаго въ 1909 г. Практиканты до сихъ поръ пользовались этимъ литографированнымъ курсомъ въ качествѣ пособія при практическихъ занятіяхъ и, именно, слѣдующимъ образомъ. Практиканту рекомендуется заранѣе, до начала занятій, ознакомиться по книгѣ съ той или иной главой, содержаніе которой будетъ изучаться на предстоящей недѣлѣ. Напр., ему говорятъ, что на слѣдующей недѣлѣ будетъ изучаться вопросъ о памяти. Практикантъ обязанъ тщательно изучить содержаніе соотвѣтствующей главы, долженъ ознакомиться съ содержаніемъ задачъ и съ приблизительнымъ ихъ рѣшеніемъ, долженъ изучить различныя схемы устройствъ аппаратовъ. Придя на практическія занятія, онъ получаетъ аппаратъ и самыя общія указанія относительно рѣшенія задачъ. Послѣ этого онъ тотчасъ же приступаетъ къ рѣшенію задачъ.

Благодаря наличности руководства, руководитель освобождается отъ необходимости тратить время на продолжительныя описанія приборовъ и разъясненіе способовъ, какими производятся эксперименты. Только благодаря этому способу, мы успѣваемъ въ теченіе года произвести столько экспериментовъ, сколько описано въ данномъ руководствѣ [1]). Если бы руководитель занятій взялъ на себя изложеніе всего того, что уже изложено и описано въ

---

[1]) Каждая глава содержитъ матеріалъ приблизительно на одну недѣлю.

руководствѣ, то отъ времени, удѣляемаго для практическихъ занятій, это отняло бы такъ много, что количество той работы, которую практикантъ можетъ самостоятельно производить, пришлось бы очень сильно сократить.

Предварительная, тщательно обдуманная домашняя работа является необходимымъ условіемъ успѣшности практическихъ занятій. Съ частью методики студентъ успѣваетъ ознакомиться въ общемъ курсѣ психологіи, а остальную онъ предварительно долженъ тщательно изучать по руководству.

Такимъ образомъ, практикумъ требуетъ большой домашней работы.

Мнѣ могутъ возразить, что учащемуся трудно разобрать или понять устройство какого-нибудь прибора, если онъ не видитъ его въ дѣйствительности. На это я въ свою очередь могу замѣтить слѣдующее.

Совершенно не отрицаю, что было бы очень цѣлесообразно, если бы руководитель сталъ объяснять устройство какого-нибудь аппарата при помощи схемъ и чертежей, потому что обыкновенно употребляемые приборы слишкомъ малы, чтобы детали ихъ могли разсмотрѣть всѣ 18 человѣкъ. Если же объясненіе сводится къ объясненію при помощи схемъ и чертежей, то это можетъ сдѣлать и руководство, съ той разницей, что дома эту сторону работы можно сдѣлать съ бо̀льшимъ вниманіемъ, чѣмъ на практическихъ занятіяхъ.

Съ другой стороны, домашнее ознакомленіе съ какимъ-либо приборомъ очень облегчаетъ пониманіе его дѣйствія, когда это послѣднее объясняетъ руководитель даже въ самыхъ общихъ чертахъ. При томъ способѣ, который нами принятъ, получается двойная выгода: экономія времени и возможность болѣе тщательнаго изученія.

Въ силу такого положенія руководитель долженъ

оставлять мѣсто проявленію возможно большей самостоятельности со стороны практиканта, не долженъ объяснять всего и превращать практикумъ въ лекцію, а долженъ только приходить на помощь практиканту, когда онъ самъ не можетъ справиться съ чѣмъ-нибудь.

Практикантъ, въ свою очередь, долженъ дома обдумать, какъ рѣшается та или другая задача, и обнаруживать возможно бо̀льшую самостоятельность. Ему не слѣдуетъ все дѣлать подъ указкой руководителя, а слѣдуетъ самому догадываться.

Какого рода должна быть подготовка у того, кто приступаетъ къ изученію экспериментальной психологіи?

Этотъ вопросъ является чрезвычайно важнымъ во всѣхъ странахъ, но, кажется, въ особенности у насъ въ Россіи. Большинство занимающихся психологіей у насъ имѣютъ подготовку по наукамъ гуманитарнымъ, а между тѣмъ ознакомленіе съ методами экспериментальной психологіи предполагаетъ математическія и естественнонаучныя знанія.

Въ какомъ объемѣ нужны математика и естественныя науки тому, кто приступаетъ къ самостоятельной разработкѣ того или иного научнаго вопроса, это увидитъ впослѣдствіи самъ учащійся. Въ различныхъ случаяхъ это различно.

Я считаю рѣшительно безполезнымъ допущеніе неподготовленныхъ студентовъ къ практическимъ занятіямъ по психологіи. По моему мнѣнію, необходима значительная подготовка по общей психологіи. Нужно, чтобы студентъ прослушалъ, по крайней мѣрѣ, одинъ полный

университетскій курсъ общей психологіи, въ особенности, если этотъ курсъ сопровождается демонстраціями, и если въ немъ слушатели въ общихъ чертахъ знакомятся съ методами психологіи [1]).

Что касается подготовки практикантовъ по физико-математическимъ наукамъ, то слѣдуетъ замѣтить, что, чѣмъ больше у нихъ знаній по математикѣ, физикѣ, анатоміи и физіологіи, тѣмъ лучше. Но вопросъ въ томъ, гдѣ ихъ пріобрѣсти студенту историко-филологическаго факультета въ русскихъ университетахъ? Самая постановка такого вопроса можетъ, пожалуй, настолько обезкуражить студента, что онъ побоится приступать къ изученію экспериментальной психологіи.

Я позволю себѣ преподать слѣдующій совѣтъ.

Что касается математики, то знаніе элементовъ высшей математики было бы чрезвычайно полезно, но для практиканта можно обойтись знаніемъ элементарной математики.

Что касается физики, то было бы чрезвычайно полезно, если бы студентъ могъ пройти практикумъ по физикѣ, но такъ какъ строй русскихъ университетовъ и организація занятій въ нихъ дѣлаетъ совершенно невозможнымъ, чтобы студентъ историко-филологическаго факультета могъ принимать участіе въ практическихъ занятіяхъ физико-математическаго факультета, то ему придется довольствоваться только книжнымъ изученіемъ такихъ отдѣловъ физики, какъ оптика, акустика, ученіе

---

[1]) Чрезвычайно полезно во время прохожденія практикума изучать соотвѣтствующія главы по большимъ руководствамъ психологіи:

Тиченеръ. Учебникъ психологіи. 1913.

Эббингаусъ. Основанія психологіи 1912.

Вундтъ. Основанія физіологической психологіи. 1914.

объ электричествѣ [1]). То же самое слѣдуетъ сказать и относительно анатоміи и физіологіи. Если кто не имѣетъ возможности прослушать университетскій курсъ анатоміи и физіологіи, тотъ долженъ, по крайней мѣрѣ, тщательно изучить какое-либо небольшое руководство по анатоміи и физіологіи [2]).

Но при этомъ студентъ, предполагающій отдаться спеціально изученію психологіи, долженъ во время прохожденія университетскаго курса всячески стараться пополнить свои познанія по математикѣ, физикѣ, анатоміи и физіологіи путемъ или слушанія курсовъ и участія въ практическихъ занятіяхъ, или, по крайней мѣрѣ, путемъ ознакомленія съ соотвѣтствующей литературой.

Какъ вести занятія?

Практиканты должны къ своимъ занятіямъ относиться съ особенной добросовѣстностью, ибо только при этомъ условіи занятія могутъ оказаться для нихъ полезными. Практикантъ въ качествѣ испытуемаго долженъ работать при каждомъ наблюденіи съ напряженнымъ вниманіемъ, также внимательно долженъ наблюдать свои переживанія, чтобы по мѣрѣ возможности точно занести ихъ въ протоколъ. Практикантъ въ качествѣ экспериментатора долженъ непремѣнно ставить опытъ при одинаковыхъ условіяхъ, и по мѣрѣ

---

[1]) По физикѣ можно рекомендовать слѣдующія пособія:
Цингеръ. Начальная физика.
Косоноговъ. Концентрическій учебникъ физики.
Лехеръ. Учебникъ физики для медиковъ и біологовъ.

[2]) Изъ небольшихъ руководствъ по физіологіи можно рекомендовать слѣдующія:
Дюваль и Констатэнъ. Учебникъ анатоміи и физіологіи.
Гексли-Розенталь. Учебникъ физіологіи.

возможности стараться достигнуть тѣхъ результатовъ, какіе достигаются въ научно поставленныхъ экспериментахъ. Протоколы должны вестись аккуратно, по мѣрѣ возможности полно, тотчасъ послѣ того, какъ произведены эксперименты. Въ протоколы нужно заносить, главнымъ образомъ, результаты измѣреній и показанія самонаблюденія. Въ протоколы нужно заносить не только результаты количественныхъ экспериментовъ, но равнымъ образомъ и результаты качественныхъ экспериментовъ, обращая главное вниманіе на то, какъ именно производится экспериментъ, какія наблюденія испытуемый произвелъ и, гдѣ это возможно по условіямъ эксперимента, слѣдуетъ записать показанія самонаблюденія.

Если позволяетъ время, то слѣдуетъ описывать также и приборы. Попытка описывать самому приборы, съ одной стороны, вырабатываетъ привычку къ описаніямъ, съ другой стороны, даетъ возможность лучше ознакомиться съ самими приборами. Но, разумѣется, это послѣднее требованіе можно предъявлять лишь въ томъ случаѣ, если практикантъ имѣетъ время и возможность предлагать самостоятельное описаніе на основаніи того, что онъ самъ видѣлъ. Если же его описаніе будетъ сводиться къ списыванію того, что есть въ руководствѣ, то такое описаніе нужно считать совершенно безцѣльнымъ.

Практическія занятія имѣютъ двоякое значеніе: прежде всего учащійся просто знакомится съ методами, затѣмъ научается обращаться съ аппаратами, пріобрѣтаетъ ручной навыкъ къ обращенію съ элементарными приборами, которые впослѣдствіи понадобятся при самостоятельныхъ изслѣдованіяхъ.

Такъ какъ въ руководствѣ всѣ опыты описаны вкратцѣ, то въ примѣненіи ихъ требуется нѣкоторая догадливость со стороны практиканта, а это пріучаетъ къ са-

мостоятельности. Поэтому практикантъ всегда заранѣе, уже дома, долженъ разработать планъ своихъ занятій въ часы практикума.

Практикумъ имѣетъ еще то важное значеніе, что ознакомленіе съ методами и съ пріемами изслѣдованія открываетъ доступъ къ болѣе легкому изученію спеціальныхъ изслѣдованій. Если кто хоть въ общемъ видѣ не познакомился съ тѣми или другими пріемами изслѣдованія, тотъ, разумѣется, не будетъ въ состояніи понять соотвѣтствующей монографіи по экспериментальной психологіи.

Какъ организовать лабораторію?

Если поставить цѣлью изучить методы экспериментальной психологіи въ объемѣ настоящаго руководства, то нужно озаботиться пріобрѣтеніемъ по 6 экземпляровъ нѣкоторыхъ приборовъ, соотвѣтственно числу группъ занимающихся. Рѣшеніе одной и той же задачи въ одно и то же время всей аудиторіей имѣетъ очень поощряющее значеніе отчасти вслѣдствіе того, что оказывается соревнованіе, а главнымъ образомъ, оттого, что уже во время работы можно сравнивать получаемые результаты.

Кстати относительно сравненія результатовъ. Было бы чрезвычайно полезно, если бы въ каждой лабораторіи тѣ эксперименты, которые имѣютъ характеръ количественный, производились всегда при одинаковыхъ условіяхъ, чтобы въ концѣ-концовъ лабораторія имѣла въ своемъ распоряженіи нѣкоторыя постоянныя цифры, т.-е. нормальныя цифры, которыя и служили бы средствомъ сравненія въ экспериментахъ, производимыхъ практикантами. Существованіе такихъ нормъ способствовало бы большей точности экспериментовъ.

Пріобрѣтеніе приборовъ въ нѣсколькихъ экземплярахъ

часто недостижимо вслѣдствіе дороговизны ихъ и принятаго обыкновенія употреблять для практическихъ занятій тѣ же приборы, которые употребляются и для научныхъ изслѣдованій. Мнѣ кажется, что было бы гораздо правильнѣе, если бы для практическихъ занятій изготовлялись особые упрощенные приборы, потому что иногда ознакомленіе съ излишними деталями отвлекаетъ отъ психологической стороны метода.

Во всякомъ случаѣ желательно, чтобы, по крайней мѣрѣ, для нѣкоторыхъ задачъ былъ полный наборъ приборовъ соотвѣтственно числу группъ занимающихся.

Если лабораторія имѣетъ достаточныя средства, то лучше всего пріобрѣсти всѣ тѣ приборы, которые упоминаются въ настоящемъ руководствѣ [1]); тогда можно будетъ вести практикумъ довольно разносторонній. Если же средства лабораторіи небольшія, то слѣдуетъ пріобрѣсти такое количество приборовъ, которое давало бы возможность изучить практически хоть два, три отдѣла. Разумѣется, выборъ этихъ отдѣловъ находится въ зависимости отъ взгляда руководителя. Иной придаетъ бо́льшее значеніе ознакомленію съ психофизическими методами, другой руководитель можетъ считать болѣе цѣлесообразнымъ ознакомленіе съ психофизіологическими

---

1) Указанные въ этомъ руководствѣ приборы могутъ быть пріобрѣтаемы у слѣдующихъ механиковъ:

1) Zimmermann. Leipzig und Berlin.

2) Spindler und Hoyer. Göttingen.

3) Marx und Berndt. Berlin.

4) Tainturier. 7 rue Blainville. Paris.

5) Verdin (Boulitte successeur). 7 Rue Linné. Paris.

6) Peyer et Favarger. Neuchâtel. Suisse (хроноскопъ Гиппа).

7) Stoelting and C°. (Chicago. Randolph Street) доставляетъ всѣ приборы, которые употребляются въ американскихъ психологическихъ лабораторіяхъ. Организація подобной фирмы у насъ въ Россіи является настоятельной необходимостью, и могла бы имѣть громадное значеніе для развитія научной психологіи въ Россіи.

пріемами изслѣдованія. Иной можетъ придавать большее значеніе индивидуально-психологическимъ изслѣдованіямъ. Что бы ни преобладало въ данной лабораторіи, лишь бы студенты имѣли возможность заниматься практически. Что касается меня, то я считаю наиболѣе цѣлесообразнымъ практикумъ, по возможности разносторонній.

Если средствъ хватаетъ только на пріобрѣтеніе одного какого-нибудь прибора, напр., какого-нибудь тахитоскопа или экспозиціоннаго аппарата, или кимографа, то и въ этомъ случаѣ не слѣдуетъ останавливаться передъ организаціей практическихъ занятій. Разумѣется, тогда они должны вестись по иному масштабу по сравненію съ тѣмъ, который принятъ въ данномъ руководствѣ. Если въ лабораторіи есть только кимографъ, то можно въ теченіе всего учебнаго года производить эксперименты надъ памятью въ томъ видѣ, какъ это производилось, напр., Мюллеромъ и Пильцеккеромъ. Наконецъ, есть аппараты, которые могутъ быть самодѣльными, или могутъ быть сдѣланы изъ очень доступнаго матеріала. Для изготовленія ихъ можно привлечь практикантовъ. Во всякомъ случаѣ, весьма желательно, чтобы при всѣхъ русскихъ университетахъ, гдѣ преподается психологія, были организованы психологическія лабораторіи. Даже очень скромно обставленныя лабораторіи весьма полезны для развитія самостоятельности учащихся. Весьма многія лабораторіи начинали съ того, что вели практическія занятія въ зависимости отъ тѣхъ приборовъ, которые имѣлись первоначально въ ихъ распоряженіи. Путемъ постепенныхъ пріобрѣтеній каждая лабораторія можетъ имѣть хорошо организованный практикумъ.

Прежде чѣмъ пытаться приступать къ самостоятельнымъ изслѣдованіямъ, нужно подготовляться не меньше трехъ лѣтъ. Но практикумъ—это есть только упражненіе,

и пройдя эту стадію, практикантъ долженъ приступить къ самостоятельному изслѣдованію. Только эти послѣднія придаютъ смыслъ университетскимъ учрежденіямъ.

Настоящая книга, я надѣюсь, можетъ быть полезна не только для студентовъ, практически занимающихся экспериментальной психологіей, но и для всѣхъ тѣхъ, кто желалъ бы просто ознакомиться съ методами современной экспериментальной психологіи. Она можетъ также служить руководствомъ для преподавателей средней школы, которые хотѣли бы организовать практическіе занятія. Многіе изъ описанныхъ въ этой книгѣ экспериментовъ могутъ быть производимы и въ средней школѣ, если эта послѣдняя располагаетъ соотвѣтствующими приборами.

При составленіи настоящаго руководства мнѣ была оказана разносторонняя помощь многими изъ членовъ Московскаго Психологическаго Института. Всѣ рисунки для настоящаго руководства составлены П. А. Рудикомъ, Н. Н. Эхаустомъ, А. А. Смирновымъ и Н. И. Жинкинымъ, Указатели составлены С. В. Краковымъ, П. А. Шеваревымъ, А. А. Смирновымъ и П. А. Рудикомъ. Всѣмъ имъ, и въ особенности П. А. Рудику, потрудившемуся наибольше, приношу мою искреннѣйшую благодарность.

Авторъ.

Перечень общихъ сочиненій по экспериментальной психологіи.

Höfler und Witasek. Hundert Psychologische Schulversuche mit Angabe der Apparate. Lpz. 1911. (подборъ простѣйшихъ экспериментовъ по преимуществу для средней школы).

Toulouse et Piéron. Technique de Psychologie expérimentale. Tome I—II. Paris. 1911.

Бинэ, Анри, Куртье, Филиппъ. Введеніе въ экспериментальную психологію. Спб. 1903 г. (въ настоящее время во многихъ мѣстахъ устарѣла).

Seashore. Elementary Experiments in Psychology. New-York. 1908.

Witmer. Analytical Psychology (A practical Manual for Colleges and normal Schools. 1901 (книжки Сишора и Уитмера представляютъ превосходный подборъ простѣйшихъ экспериментовъ).

Judd. Laboratory Manual of Psychology. Vol. I—II. New-York. 1907.

Whipple. Manual of Mental and physical Tests. 1910 (методы изслѣдованія индивидуальной психологіи).

Уиппль. Руководство къ изслѣдованію физической и психической дѣятельности дѣтей школьнаго возраста. М. 1913 г.

Schulze. Aus der Werkstatt der experimentellen Psychologie und Paedagogik. Lpz. 1913 (по преимуществу методы изслѣдованія экспериментальной педагогики).

Шульце. Экспериментальная психологія и педагогика. Спб. 1912.

Myers. An Introduction to experimental Psychology. 1911.

Myers. A Text-book of experimental Psychology. 1911.

Sanford. A Course in Experimental Psychology. Part I. Sensation and Perception. Boston. 1898.

Sanford. Cours de psychologie expérimentale. Paris. 1900 (превосходный подборъ огромнаго количества экспериментовъ. Между прочимъ, содержитъ подробный списокъ литературы по отдѣльнымъ вопросамъ психологіи. Къ сожалѣнію, вышла только одна часть объ ощущеніи и воспріятіи).

Titchener. Experimental Psychology. A manual of Laboratory Practice. Vol. I—II. 1901 (лучшее сочиненіе по экспериментальной психологіи въ современной научной литературѣ).

Lehmann. Lehrbuch der psychologischen Methodik. 1904. (Превосходное руководство для тѣхъ, кто уже имѣетъ нѣкоторое знакомство съ психологіей).

ГЛАВА I.

Понятіе функціи и геометрическое изображеніе функцій.

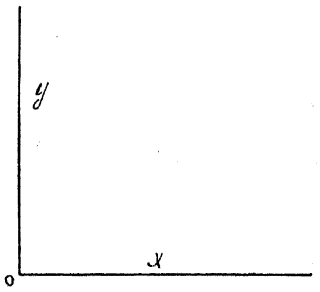
Задача всякой науки, въ томъ числѣ и психологіи, состоитъ, между прочимъ, въ установленіи зависимости между явленіями. Послѣдняя предполагаетъ связь явленій такого рода, что измѣненіе одного явленія влечетъ за собою опредѣленное измѣненіе другого. Подобная зависимость между явленіями называется функціональной.

Всякое явленіе, будетъ ли оно физическое, біологическое или психологическое, никогда не бываетъ вполнѣ изолированнымъ, но измѣняется въ связи съ другими явленіями. Выдѣляя изъ ряда связанныхъ другъ съ другомъ явленій одно явленіе, мы можемъ его произвольно измѣнять. Если при этомъ другое явленіе будетъ также измѣняться опредѣленнымъ образомъ, то мы будемъ имѣть дѣло съ функціональнымъ отношеніемъ между данными двумя явленіями.

Произвольно измѣняемое явленіе принято называть независимо перемѣннымъ или аргументомъ. По отношенію къ нему другое явленіе будетъ зависимо перемѣннымъ или его функціей. Символически функціональное отношеніе изображается при помощи формулы $y = f(x)$, которая читается такъ: «y есть функція отъ x».

Функціональное отношеніе между двумя перемѣнными можно изображать геометрически, или графически, при помощи линій. Для этого пользуются двумя прямыми линіями, пересѣкающимися другъ съ другомъ подъ угломъ въ 90° (см. черт. 1). Горизонтальная линія называется абсциссой или осью абсциссъ;

на ней откладываются значенія x или аргумента. Вертикальная линія называется ординатой или осью ординатъ; на ней откладываются значенія y. Обѣ линіи вмѣстѣ носятъ названіе системы координатъ. Точка пересѣченія осей 0 называется началомъ координатъ.



Черт. 1.

Предположимъ, что x_1, x_2, $x_3 \ldots x_n$ суть значенія, которыя мы послѣдовательно придаемъ независимо перемѣнной величинѣ x, имъ будутъ соотвѣтствовать значенія y_1, y_2, $y_3 \ldots y_n$ зависимо перемѣнной величины. Значенія x наносятся на оси абсциссъ такъ, что $2x$ соотвѣтствуетъ двойная линія въ сравненіи съ длиной линіи, соотвѣтствующей одному x. Тремъ x соотвѣтствуетъ тройная линія и т. д. Такимъ же образомъ на оси ординатъ наносятся значенія y.

Чтобы пояснить, какимъ образомъ геометрически изображается функціональное отношеніе между двумя величинами, возьмемъ примѣръ. Предположимъ, что

$$\begin{array}{lll} x=1 & \text{соотвѣтствуетъ} & y=2 \\ x=2 & \text{»} & y=3 \\ x=3 & \text{»} & y=4. \end{array}$$

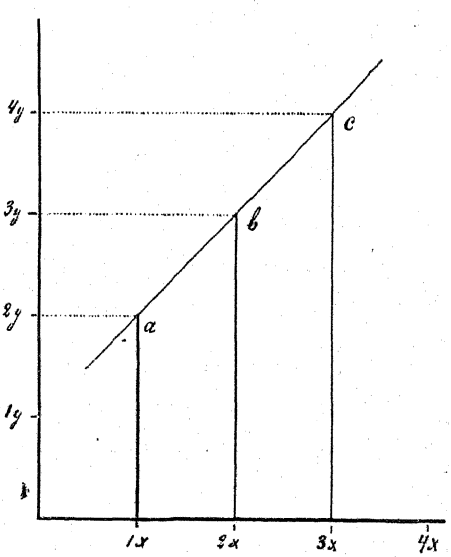
Соотношеніе между этими двумя перемѣнными величинами графически можетъ быть изображено слѣдующимъ образомъ (черт. 2). На оси абсциссъ откладываемъ четыре равныя части, при чемъ эти части могутъ быть произвольной величины. Эти части равны x, $2x$, $3x$, $4x$. Точно такъ же откладываемъ на оси ординатъ четыре равныя части; онѣ равны y, $2y$, $3y$, $4y$. Изъ точки абсциссы, соотвѣтствующей $x=1$, слѣдуетъ возставить перпендикуляръ, высота котораго равнялась бы высотѣ, соотвѣтствующей значенію $y=2$. Въ точкѣ абсциссы, соотвѣтствующей $2x$, слѣдуетъ возставить перпендикуляръ, равный $3y$ и т. д. Полученные такимъ образомъ перпендикуляры a, b, c и суть графическое изображеніе значеній величины y въ зависимости

отъ значеній x, т.-е. величины зависимо перемѣннаго y для соотвѣтствующихъ значеній x.

Если число произведенныхъ измѣреній очень велико, вслѣдствіе чего ординатъ очень много, и онѣ лежатъ близко другъ къ другу, то концы ихъ можно соединить непрерывной линіей. Это будетъ кривая линія, которая выражаетъ отношеніе между x и y. Эта кривая можетъ имѣть самыя различныя формы.

Графическое изображеніе зависимости x и y имѣетъ двоякое значеніе.

Имѣя такую графику, мы, во-1-хъ, можемъ найти по величинѣ x соотвѣтствующую ей величину y, и наоборотъ. Такъ, для нахожденія функціи, соотвѣтствующей значенію аргумента 2,5, намъ нужно только возставить перпендикуляръ изъ точки абсциссы, соотвѣтствующей данному значенію аргумента до пересѣченія съ кривой. Полученная ордината и будетъ выражать величину y, соотвѣтствующую $x = 2{,}5$. Въ обратномъ случаѣ, т.-е., когда требуется по данному значенію функціи найти соотвѣтствующее ему значеніе аргумента, опускаемъ изъ точки кривой, соотвѣтствующей данному значенію y, перпендикуляръ на абсциссу, и точка пересѣченія съ послѣдней дастъ значеніе x.



Черт. 2.

Во-2-хъ, разсмотрѣніе кривой тотчасъ можетъ показать, будетъ ли съ возрастаніемъ аргумента функція возрастать или уменьшаться, будетъ ли она измѣняться скорѣе или медленнѣе, чѣмъ эта послѣдняя, или будетъ измѣняться пропорціонально.

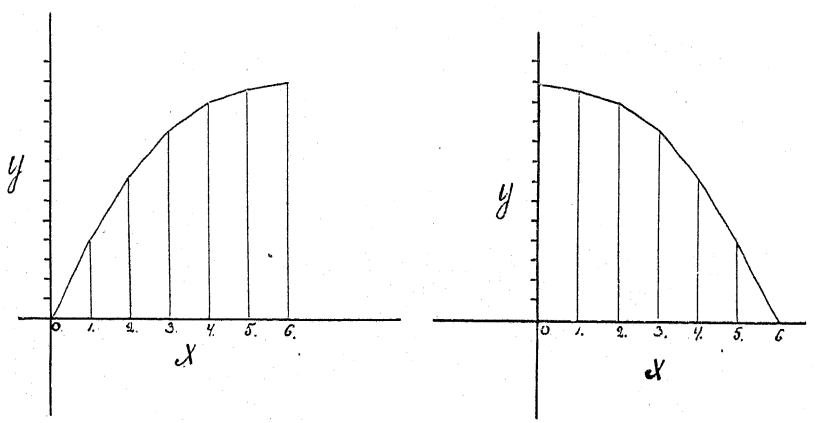
Если съ увеличеніемъ x увеличивается и y, то кривая, ко-

торая въ этомъ случаѣ будетъ получаться, будетъ восходящей. Если же при увеличеніи x, y будетъ уменьшаться, то полученная кривая будетъ нисходящей. Различіе между этими кривыми можно видѣть на черт. 3.

Слѣдуетъ отмѣтить, что при помощи указаннаго графическаго изображенія зависимости изучаемыхъ явленій мы можемъ получить такое наглядное представленіе результатовъ, которое таблицы никогда не могли бы намъ дать.

Вообще графически мы можемъ изобразить соотношеніе двухъ любыхъ измѣняющихся величинъ. Эти изображенія дѣлаются на такъ называемой миллиметрической бумагѣ, при чемъ за единицу значенія x и y можно брать произвольное число дѣленій на бумагѣ, т.-е. можно брать 1 мм., 10 мм. и т. п. Благодаря этому, можно наносить и дробныя части значеній x и y. Для поясненія возьмемъ нѣсколько примѣровъ.

Задача 1. Изобразить графически измѣненія температуры воздуха по Фаренгейту въ зависимости отъ дней недѣли. Положимъ, въ воскресенье было 57°, въ понедѣльникъ 61°, во вторникъ 65°,

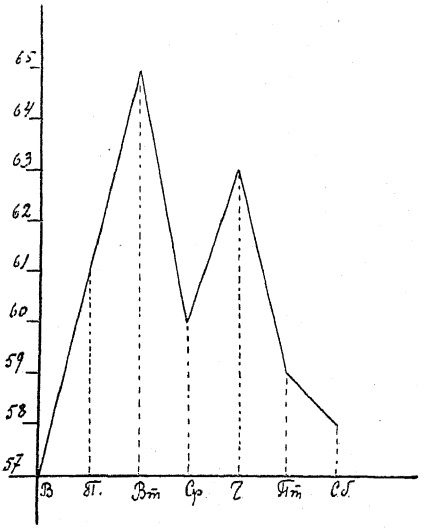


Черт. 3.

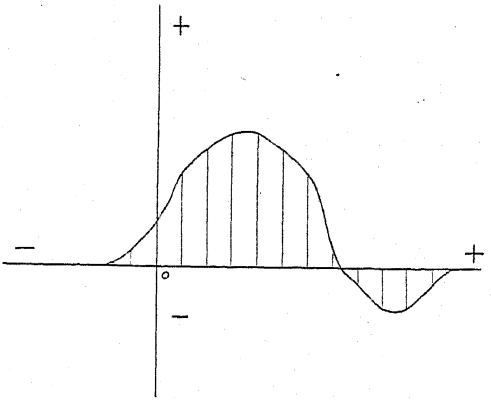
въ среду 60°, въ четвергъ 63°, въ пятницу 59°, въ субботу 58°. Откладывая на абсциссѣ дни недѣли, откладываемъ величину температуры при помощи ординатъ, и тогда кривая получитъ такой видъ (см. черт. 4).

Что касается графическаго изображенія отрицательныхъ величинъ, то здѣсь мы должны держаться слѣдующаго правила.

Отрицательныя значенія функцій откладываются внизъ отъ оси абсциссъ, а отрицательныя значенія аргумента откладываются влѣво отъ оси ординатъ. Такимъ образомъ, получаются положительныя и отрицательныя ординаты и абсциссы (см. черт. 5). Разумѣется, такое обозначеніе имѣетъ условный характеръ.



Черт. 4.



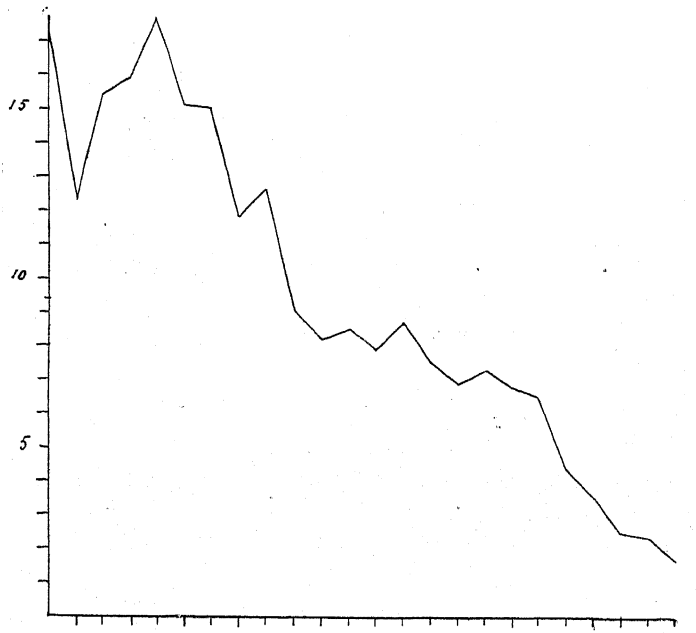
Черт. 5.

Задача 2. Производились эксперименты съ иллюзіей Müller Lyer'a. Ошибки сначала были велики, а затѣмъ все уменьшались и уменьшались. Результаты экспериментовъ получили выраженіе въ слѣдующей таблицѣ:

Дата.	Средн. ошибка въ мм.	Дата.	Средн. ошибка въ мм.
Апр. 26	17,3	Май 27	7,9
29	12,3	Іюнь 1	8,7
Май 2	15,0	6	7,5
3	15,9	6	6,9
5	17,9	7	7,3
10	15,1	8	6,8
12	15,0	10	6,5
17	11,8	13	4,4
18	12,6	14	3,6
20	9,0	15	2,5
24	8,2	16	2,4
25	8,5	17	1,7

Изобразить результаты этихъ экспериментовъ графически. Время слѣдуетъ откладывать на абсциссѣ, а величину ошибокъ на ординатѣ, при чемъ для каждой единицы ошибки, т.-е. для одного миллиметра слѣд. взять 10 миллиметровъ на бумагѣ, тогда 1 миллиметру на бумагѣ будетъ соотвѣтствовать величина ошибки въ 0,1 (черт. 6).

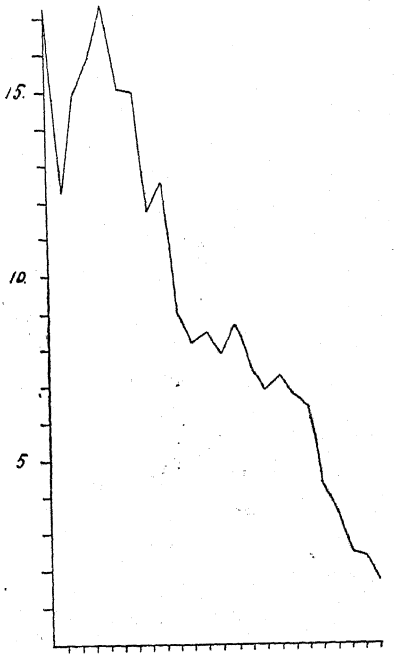
Для большей ясности иногда единицы абсциссы и ординаты можно увеличивать или уменьшать. Чтобы убѣдиться въ томъ, что дѣйствительно измѣненіе величины единицы ординаты или абсциссы дѣлаетъ болѣе наглядным графическое изображеніе, представимъ результаты предыдущей таблицы такъ, чтобы единицѣ абсциссы соотвѣтствовали не 10 мм., а 5, т.-е. время изобразимъ величиной въ два раза меньше, чѣмъ это было на предыдущемъ чертежѣ. Тогда графическое изображеніе будетъ имѣть слѣд. видъ (черт. 7). Совершенно ясно, что оно пріобрѣтаетъ большую отчетливость.



Черт. 6.

Вообще, изображая графически соотношеніе двухъ перемѣнныхъ величинъ, мы изображаемъ протеканіе какого-либо процесса въ томъ случаѣ, когда на абсциссѣ откладывается время. Мы опредѣляемъ, какое вліяніе оказываетъ время на

величину какого-либо явленія, другими словами, мы опредѣляемъ временной ходъ явленія или процесса. Но, кромѣ того, въ психологіи весьма важное значеніе имѣетъ построеніе такъ называемой кривой частоты или кривой распредѣленія. Для этого также можно воспользоваться системой координатъ, при чемъ на оси абсциссъ откладываются значенія изучаемаго явленія, а ординаты служатъ для обозначенія частоты повторенія каждаго значенія. При помощи слѣд. задачи мы можемъ это пояснить.



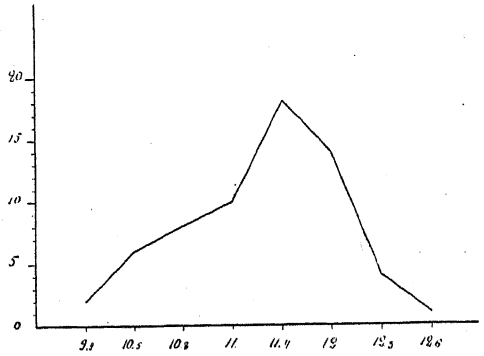
Черт. 7.

Задача 3. Испытуемому предлагалось произвести движеніе рукой возможно быстрѣе, при этомъ отмѣчалось время, истраченное на такое движеніе. Въ этихъ опытахъ получились слѣдующія данныя:

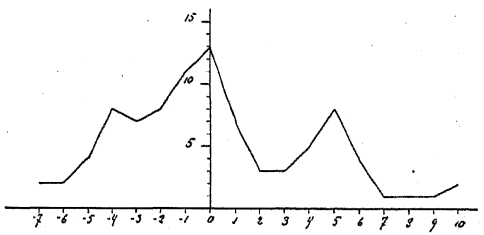
Время, потраченное на движеніе.	Сколько разъ повторялось.
9,9 сек.	2
10,5 „	6
10,8 „	8
11,0 „	10
11,4 „	18
12,0 „	14
12,3 „	4
12,6 „	1

Изобразить данныя этой таблицы графически. Для разрѣшенія этой задачи будемъ времена, потраченныя на движенія, откладывать на абсциссѣ на равныхъ разстояніяхъ, а частоту значеній изображать при помощи ординатъ (черт. 8).

Задача 4. Изобразить графически частоту ошибокъ, сдѣланныхъ испытуемымъ при попыткахъ провести линію, равную 100 мм. при слѣдующихъ данныхъ.



Черт. 8.



Черт. 9.

Величина ошибокъ.	Число повтореній.
— 7	2
— 6	2
— 5	4
— 4	8
— 3	7
— 2	8
— 1	11
0	13
+ 1	7
+ 2	3
+ 3	3
+ 4	5
+ 5	8
+ 6	4
+ 7	1
+ 8	1
+ 9	1
+10	2

Рѣшеніе см. черт. 9.

При очень большомъ количествѣ значеній, напр., при нѣсколькихъ десяткахъ, для упрощенія чертежа кривыхъ, именно для избѣжанія необходимости отмѣчать каждое значеніе y въ отдѣльности, мы можемъ значенія x объединить въ группы или въ классы и для каждой такой группы возставлять одну общую ординату. Послѣдняя въ такихъ случаяхъ выражаетъ частоту не одного отдѣльнаго значенія x, а ряда различныхъ значеній, лежащихъ между извѣстными предѣлами.

Такъ, если значенія x въ предѣлѣ отъ

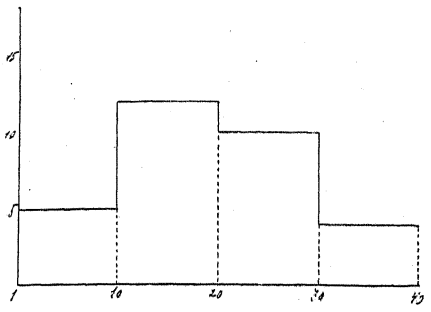
1	до	9	включительно	повторились	5	разъ
10	„	19	„	„	13	„
20	„	29	„	„	10	„
30	„	39	„	„	4	„

мы будемъ имѣть графику черт. 10.

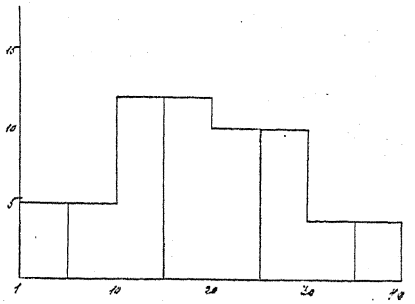
Здѣсь вмѣсто того, чтобы брать одну точку, отмѣчающую высоту ординаты для отдѣльнаго значенія x, мы проводимъ прямую

линію, параллельную абсциссѣ x, на высотѣ, соотвѣтствующей данному значенію y.

Подобный способъ графическаго изображенія называется методомъ прямоугольниковъ. Получаемая кривая ординатъ

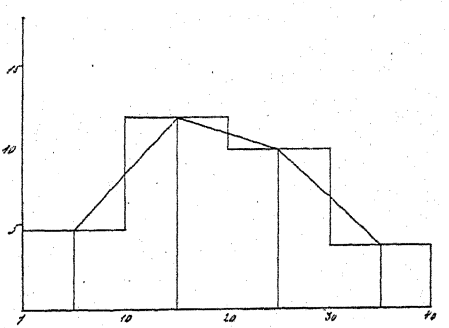


Черт. 10.



Черт. 11.

называется многоугольникомъ частоты или распредѣленія. Въ этомъ случаѣ, какъ это легко видѣть, опредѣляется частота группъ или классовъ значеній. Примѣняя такое раздѣленіе на группы, мы можемъ для каждой группы ординатъ брать ординату, возставляемую изъ средняго значенія величинъ каждой такой группы x. Это мы видимъ на черт. 11. Если мы теперь эти вершины срединныхъ ординатъ соединимъ линіей, то получимъ кривую, начерченную по методу трапецій (черт. 12). Для упражненія рѣшимъ слѣд. задачу, пользуясь только что указанными способами.

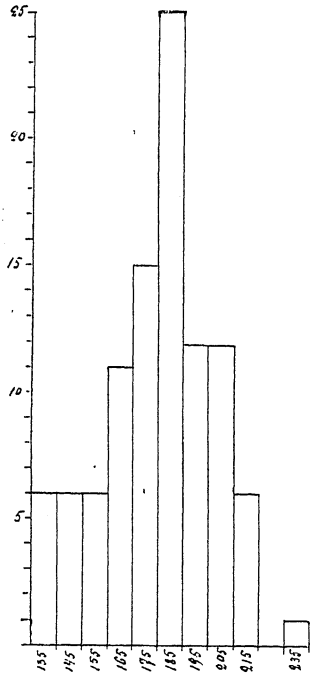


Черт. 12.

Задача 5. Лягушку раздражали электричествомъ, на что она реагировала движеніями различной длительности, при чемъ эти движенія повторялись различное число разъ.

Движенія, длившіяся	отъ	130	до	139,	повторились	6	разъ
„ „	„	140	„	159	„	6	„
„ „	„	160	„	169	„	11	„
„ „	„	170	„	179	„	15	„
„ „	„	180	„	189	„	25	„
„ „	„	190	„	199	„	12	„

Движенія, длившіяся	отъ	200	„	209,	повторились	12	разъ
„	„	„	210	„ 219	„	6	„
„	„	„	220	„ 229	„	0	„
„	„	„	230	„ 239	„	1	„

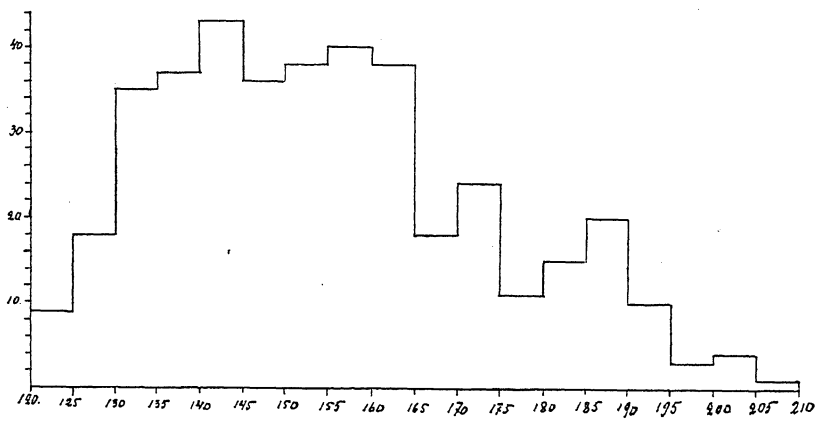


Черт. 13.

Рѣшеніе см. на черт. 13.

Задача 6. Время реакціи у человѣка на опредѣленныя раздраженія было различно, при чемъ эти времена распредѣлялись слѣдующимъ образомъ:

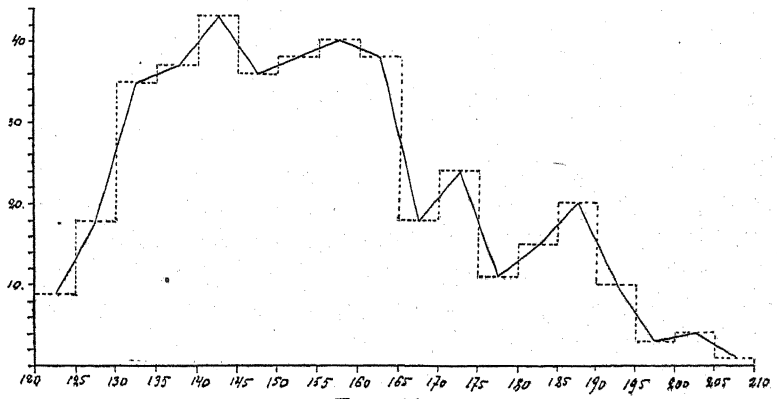
120σ	встрѣчалось	9	разъ
125σ	„	18	„
130σ	„	35	„
135σ	„	37	„
140σ	„	43	„
145σ	„	36	„
150σ	„	38	„
155σ	„	40	„
160σ	„	38	„
165σ	„	18	„
170σ	„	24	„
175σ	„	11	„
180σ	„	15	„
185	„	20	„
190	„	10	„
195	„	3	„
200	„	4	„
205	„	1	„



Черт. 14.

Рѣшеніе этой задачи по методу прямоугольниковъ и по методу трапецій см. черт. 14 и 15 [1]).

Приложеніе въ психологіи графическаго метода и именно изображенія частоты явленій даетъ намъ понятіе коллективнаго предмета (Kollectivgegenstand). Смыслъ этого понятія состоитъ въ разсмотрѣніи большого числа однородныхъ явленій въ отношеніи къ одному какому-либо признаку (напр., частоты), какъ единаго цѣлаго, выражаемаго одной кривой. Такъ, напр.,



Черт. 15.

время отдѣльной реакціи есть индивидуальный предметъ. Времена реакціи, объединенныя кривой частоты, могутъ быть разсматриваемы, какъ одинъ коллективный предметъ реакціи опредѣленнаго лица. Какъ родъ служитъ для объединенія отдѣльныхъ предметовъ, такъ и коллективный предметъ служитъ для объединенія отдѣльныхъ явленій.

Задачи. Практиканты должны всѣ задачи, приведенныя въ текстѣ, рѣшить графически на миллиметровой бумагѣ. Руководителю рекомендуется подобрать для упражненія рядъ задачъ, аналогичныхъ тѣмъ, которыя приведены въ текстѣ.

Литература къ I главѣ.

Лоренцъ. Элементы высшей математики. Ч. I. М. 1901.

Делонэ. Начальное руководство къ самостоятельному изученію высшей математики и механики. 1900.

Морганъ. Элементарныя графики. 1913.

Перри. Практическая математика. 1909.

Thorndike. An Introduction to the Theory of Mental and Social measurements. New-York. 1904.

---

[1]) σ означаетъ 0,001 секунды. 120 означаетъ классъ, содержащій времена между 120 и 124 и т. д.

ГЛАВА II.

О вѣроятности ошибокъ.

Во всѣхъ измѣреніяхъ, производимыхъ нами въ области физическихъ или психическихъ явленій, получаются ошибки. Ни въ какомъ измѣреніи мы не можемъ получить абсолютно точныхъ чиселъ; мы всегда оперируемъ съ величинами, лишь приближающимися къ истиннымъ, которыя въ этомъ случаѣ называются наиболѣе вѣроятными значеніями. Тотъ, кто занимается измѣреніями, долженъ знать способы нахожденія наиболѣе вѣроятныхъ значеній. Эти способы изучаются въ томъ отдѣлѣ математики, который называется теоріей вѣроятности. Познакомимся съ тѣми основными положеніями теоріи вѣроятности, которыя нужны для пониманія теоріи измѣреній.

При изслѣдованіи явленій мы отмѣчаемъ то различіе между ними, что возникновеніе однихъ изъ нихъ мы можемъ предугадать, потому что причины ихъ намъ извѣстны, другія явленія таковы, что причины ихъ намъ неизвѣстны, и возникновенія ихъ мы не можемъ предугадать. Тѣ явленія, возникновенія которыхъ мы не можемъ предугадать, называются явленіями случайными. Если мы возьмемъ игорную кость и бросимъ ее на столъ, то мы не можемъ предугадать, сколько очковъ будетъ на верхней сторонѣ. Это есть явленіе случайное. Если мы бросимъ монету, то мы не можемъ предугадать, что вскроется, орелъ или рѣшетка. Это также есть явленіе случайное.

Но хотя мы не можемъ предугадать случайнаго явленія, однако у насъ есть своеобразное отношеніе къ возможному исходу такого явленія, именно, на основаніи тѣхъ или иныхъ данныхъ мы считаемъ тѣ или иныя явленія болѣе или менѣе

вѣроятными. Что мы въ этомъ случаѣ понимаемъ подъ вѣроятностью, можно пояснить при помощи слѣд. примѣра. Если въ лотереѣ на 10 билетовъ падаетъ одинъ выигрышъ, и у меня есть одинъ билетъ, то есть нѣкоторая вѣроятность, что я выиграю. Но если одинъ выигрышъ падаетъ не на 10, а на 100 билетовъ, и я имѣю одинъ билетъ, то вѣроятность выигрыша въ этомъ случаѣ будетъ меньше. Отношеніе между этими двумя вѣроятностями можно выразить съ помощью числа: въ первомъ случаѣ у меня въ десять разъ больше вѣроятности выиграть, чѣмъ во второмъ. Такимъ образомъ, у насъ есть извѣстное опредѣленное отношеніе къ вѣроятности возникновенія того или иного событія. У насъ есть бо́льшая увѣренность выиграть въ первомъ случаѣ, чѣмъ во второмъ.

Возникновеніе того или иного единичнаго явленія мы не можемъ предугадать; мы не можемъ сказать, какое число смертей, рожденій, самоубійствъ, пожаровъ произойдетъ и произойдетъ ли на улицѣ, на которой мы живемъ, но относительно группы явленій такого рода нѣкоторое предсказаніе возможно. Мы можемъ предсказать довольно вѣрно то количество самоубійствъ, рожденій и т. п., которыя могутъ имѣть мѣсто въ какомъ-либо большомъ городѣ за извѣстный промежутокъ времени. Опредѣленіе вѣроятности возникновенія тѣхъ или иныхъ событій производится часто настолько точно, что на этихъ опредѣленіяхъ основаны такія учрежденія, какъ различныя страховыя общества (страхованіе жизни, страхованіе отъ пожаровъ и т. п.). Общество страхованія отъ пожаровъ должно предугадывать число пожаровъ въ данной мѣстности, чтобы вести свои операціи безубыточно. Вычисленія вѣроятности основываются на фактахъ ежегодныхъ смертей, пожаровъ и т. п. въ той или иной мѣстности, и чѣмъ больше число наблюденій, на основаніи которыхъ производится вычисленіе вѣроятности, тѣмъ вычисленіе становится точнѣе, и тѣмъ болѣе оно приближается къ согласію съ дѣйствительностью. Пояснимъ при помощи примѣра, какимъ образомъ точность предугадыванія событій возрастаетъ вмѣстѣ съ числомъ наблюденій.

Беремъ двѣ игорныя кости и бросаемъ ихъ на столъ. Что можетъ вскрыться? Одинъ разъ на одной сторонѣ можетъ вскрыться единица, на другой 2, во второй разъ можетъ вскрыться 2 и 3, въ третій—3 и 4, затѣмъ 4 и 5, 5 и 6. Мы можемъ поставить вопросъ, сколько разъ можетъ вскрыться сумма 7, т.-е., сколько разъ кости вскроются такъ, что

одна	будетъ	показывать	3,	другая	4
»	»	»	5	»	2
»	»	»	6	»	1
»	»	»	1	»	6
»	»	»	2	»	5
»	»	»	4	»	3.

Одинъ математикъ желалъ рѣшить этотъ вопросъ эмпирически, т.-е. желалъ получить отвѣтъ на него изъ опыта. Для этого онъ бросалъ двѣ кости 100 разъ, и оказалось, что сумма 7 вскрылась 21 разъ. Затѣмъ онъ расширилъ свои опыты, именно бросалъ двѣ кости 1000 разъ. Сумма 7 вскрылась 175 разъ. Затѣмъ бросалъ 10.000 разъ—сумма 7 вскрылась 1682 раза. При бросаніи 100.000 разъ, сумма 7 вскрылась 16.677 разъ. По мѣрѣ того, какъ количество бросаній возрастало, количество выпаденій означенной суммы приближалось къ одному опредѣленному предѣлу. Отношеніе числа выпаденій суммы 7 къ общему числу бросаній равнялось при

100	бросаніяхъ	0,21
1000	»	0,175
10.000	»	0,1682
100.000	»	0,16677

Изъ этой таблицы можно видѣть, что, чѣмъ больше было количество бросаній, тѣмъ больше было приближеніе къ указанному предѣлу. Таковы результаты эмпирическаго опредѣленія. Но къ тѣмъ же результатамъ приводитъ и вычисленіе: 2 кости могутъ дать 36 выпаденій, число выпаденій суммы 7 можетъ быть 6, какъ мы видѣли выше. Количество благопріятныхъ случаевъ 6 относится къ общему количеству

выпаденій 36, какъ $\frac{6}{36}=\frac{1}{6}=0{,}1666$. Вѣроятность выпаденія суммы 7 есть величина 0,1666... Когда мы будемъ провѣрять этотъ результатъ эмпирически, то окажется, что, чѣмъ большее число опытовъ мы произведемъ, тѣмъ больше будетъ приближеніе къ этому предѣлу. Это есть законъ, который въ статистикѣ называется «законом*ъ* больших*ъ* чисел*ъ*». Смыслъ его можетъ быть выраженъ въ слѣдующей формулѣ: «чѣм*ъ* больше мы имѣем*ъ* наблюденій, тѣм*ъ* большее приближеніе къ вѣроятной величинѣ имѣется у нас*ъ*». Такое совпаденіе вѣроятности, вычисляемой математически, съ тѣмъ, что вскрывается фактически, показываетъ существованіе извѣстной закономѣрности въ возникновеніи явленій.

Для насъ это обстоятельство имѣетъ то значеніе, что при помощи основныхъ положеній теоріи вѣроятности, мы имѣемъ возможность опредѣлять вѣроятность возникновенія явленій, вѣроятность ошибокъ измѣреній, а вмѣстѣ съ этимъ мы можемъ построить теорію измѣреній.

Во всѣхъ нашихъ измѣреніяхъ есть значеніе, имѣющее наиболѣе вѣроятный характеръ. Назовемъ это значеніе черезъ Z. Когда мы измѣряемъ, то мы получаемъ значенія m, m_1, отличающіяся отъ этого значенія. Разность между наиболѣе вѣроятнымъ значеніемъ и результатомъ даннаго измѣренія, именно, $Z-m$ и есть ошибка. Мы получаемъ такимъ образомъ ошибки: $Z-m$, $Z-m_1$, $Z-m_2$, $Z-m_3$, $Z-m_4$ и т. д.

Ошибки бываютъ двухъ видовъ: ошибки постоянныя, порождаемыя извѣстными причинами, которыя могутъ быть устранены. Такъ, астрономъ, изучая положеніе какой-нибудь звѣзды, видитъ, что оно можетъ быть различно въ зависимости отъ рефракціи. Зная, что есть такая причина, какъ рефракція, онъ можетъ устранить эту причину, принять ее въ соображеніе въ своихъ вычисленіяхъ. Гораздо важнѣе ошибки случайныя, неустранимыя. Это—ошибки, которыя находятся въ зависимости отъ несовершеннаго устройства человѣческаго глаза, уха, вообще воспринимающаго аппарата, а также находятся въ за-

висимости отъ колебанія вниманія. Онѣ подчиняются опредѣленному закону—закону Гаусса, такъ наз. закону вѣроятности ошибокъ, который мы разсмотримъ ниже.

Если мы разсматриваемъ какое-нибудь событіе, которое можетъ совершиться и можетъ не совершиться, то число, которое выражаетъ отношеніе благопріятнаго числа совершеній къ общему числу совершеній или «статочностей», есть вѣроятность. Напримѣръ, я бросаю монету на столъ. Какова вѣроятность, что вскроется орелъ? Монета можетъ вскрыться или орломъ, или рѣшеткой. Всѣхъ случаевъ выпаденія можетъ быть 2, для выпаденія орла одинъ случай. Отношеніе благопріятнаго случая къ общему числу выпаденій будетъ равно $\frac{1}{2}$. Слѣд., вѣроятность того, что монета вскроется орломъ, равняется $\frac{1}{2}$. Я бросаю игорную кость. Какова вѣроятность того, что она вскроется единицей? Всѣхъ случаевъ можетъ быть 6. Случаевъ же благопріятныхъ для вскрытія единицы только 1. Такимъ образомъ, вѣроятность того, что при бросаніи кость вскроется единицей, будетъ мала: именно она будетъ равна $\frac{1}{6}$.

Число, служащее для выраженія степени нашей увѣренности, можетъ выражаться всякой дробью, начиная отъ 0 и кончая 1. Если дробь равна 0, то это значитъ, что событіе не совершится, что оно невѣроятно. Если дробь равна 1, она выражаетъ полную достовѣрность. Обратимся опять къ примѣру съ игорной костью. Вѣроятность, что она вскроется единицей, равна $\frac{1}{6}$. Вѣроятность, что что-нибудь вскроется, равна $\frac{6}{6}$: когда кость падаетъ, то должна вскрыться какая-нибудь цифра. Вѣроятность, что вскроется что-нибудь, выражается единицей, т.-е. вѣроятность въ этомъ случаѣ равняется достовѣрности. Всѣ прочія цифры выражаютъ меньшую степень увѣренности.

Когда вѣроятность равняется $\frac{1}{2}$, то мы говоримъ, что въ пользу извѣстнаго случая имѣется столько же вѣроятности или «шансовъ» за, сколько и противъ.

Библиотека ООН Академия наук СССР

При бросаніи монеты вѣроятность того, что она вскроется орломъ, такова, какъ и вѣроятность того, что она вскроется рѣшеткой.

Если вѣроятность совершенія событія выражается при помощи P, а достовѣрность выражается при помощи единицы, то остатокъ $1-P$ есть вѣроятность несовершенія событія: $Q=1-P$.

Обратимъ вниманіе на двѣ основныя теоремы теоріи вѣроятностей, которыя важны для пониманія теоріи ошибокъ. Предположимъ, что у насъ есть урна, въ которой находятся шары: 30 бѣлыхъ, 20 черныхъ и 25 красныхъ. Если я опускаю руку въ урну, то я могу вынуть одинъ изъ этихъ шаровъ. Какова вѣроятность того, что я выну не красный шаръ? Всѣхъ возможностей вынутія шара или всѣхъ «статочностей» будетъ 75. Некрасныхъ шаровъ у насъ $30+20$; для вынутія бѣлаго шара вѣроятность будетъ $\frac{30}{75}$, для чернаго шара—$\frac{20}{75}$, а для всѣхъ, кромѣ краснаго, сумма этихъ вѣроятностей, т.-е $\frac{50}{75}$. «Если какая-нибудь причина можетъ вызвать независимыя другъ отъ друга дѣйствія A и B, для которыхъ вѣроятность есть a и b, то вѣроятность совершенія одного изъ событій равна суммѣ ихъ вѣроятностей, т.-е. $a+b$». Вѣроятность того, что произойдетъ или A, или B, равняется суммѣ ихъ вѣроятностей. Это есть теорема сложенія.

Нѣсколько сложнѣе теорема умноженія. Положимъ, у насъ 2 урны. Въ первой находятся 20 бѣлыхъ и 10 черныхъ шаровъ, во второй—30 бѣлыхъ и 15 черныхъ. Если я опущу одну руку въ одну урну, а другую въ другую, то какова вѣроятность того, что я выну 2 шара черныхъ? Такъ какъ, вынимая одинъ шаръ изъ одной урны, я могу вынуть въ то же время всевозможные шары изъ другой, то число всѣхъ возможныхъ статочностей будетъ равняться 30. 45, а число всѣхъ благопріятныхъ случаевъ одновременнаго вынутія черныхъ шаровъ на основаніи тѣхъ же соображеній будетъ равняться 10. 15. Вѣроятность одновременнаго вынутія черныхъ шаровъ выразится при помощи $\frac{10.15}{30.45}$ или $\frac{10}{30}\times\frac{15}{45}$.

Философия Библиотека

Итакъ, «если у насъ есть сложное событіе, состоящее изъ простыхъ событій A и B, и дана вѣроятность a для одного и b для другого, то для опредѣленія вѣроятности сложнаго событія надо перемножить вѣроятности простыхъ событій».

Перейдемъ къ разсмотрѣнію того, что въ теоріи ошибокъ называется кривой вѣроятности.

Я беру въ руку 6 монетъ и бросаю ихъ. Монеты вскрываются орлами и рѣшетками. Возможны слѣд. случаи:

Всѣ орлы
5 орловъ и 1 рѣшетка
4 орла » 2 рѣшетки
3 орла » 3 рѣшетки
2 орла » 4 рѣшетки
1 орелъ » 5 рѣшетокъ
Всѣ рѣшетки.

Получается 7 возможныхъ случаевъ. Какова вѣроятность, что монеты вскроются всѣ орлами, что вскроется одинъ орелъ и пять рѣшетокъ, 2 орла и 4 рѣшетки, 3 орла и 3 рѣшетки, 4 орла и 2 рѣшетки, 5 орловъ и 1 рѣшетка, всѣ рѣшетки?

Оказывается [1]), что вѣроятность того, что вскроются всѣ орлы, равняется $\frac{1}{64}$, что вскроется

1 орелъ 5 рѣшетокъ . . . . . $\frac{6}{64}$
2 орла 4 рѣшетки . . . . . $\frac{15}{64}$
3 орла 3 рѣшетки . . . . . $\frac{20}{64}$
4 орла 2 рѣшетки . . . . . $\frac{15}{64}$
5 орловъ 1 рѣшетка . . . . . $\frac{6}{64}$
Всѣ рѣшетки . . . . . $\frac{1}{64}$

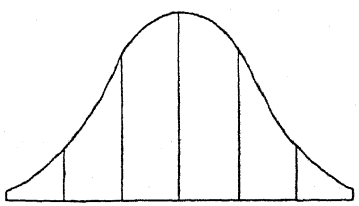
Изъ таблицы видно, что всего вѣроятнѣе, что вскроются 3 орла и 3 рѣшетки. Вѣроятность всѣхъ событій, вѣроятность

[1]) Доказательство см. Merriman. A Text-book on the Method of Least Squares. 1907.

того, что что-нибудь произойдетъ, равна единицѣ. Сумма семи вѣроятностей равняется, слѣдовательно, единицѣ.

$$\frac{1}{64}+\frac{6}{64}+\frac{15}{64}+\frac{20}{64}+\frac{15}{64}+\frac{6}{64}+\frac{1}{64}=1.$$

Эти различныя вѣроятности вскрытія орловъ и рѣшетокъ мы можемъ изобразить при помощи кривой. Если не обращать вниманія на знаменателя, который одинаковъ у всѣхъ дробей, то степень вѣроятности можетъ быть выражена съ помощью цифръ: 1—6—15—20—15—6—1. Это можно изобразить такъ: беремъ горизонтальную линію (черт. 16), дѣлимъ ее на 6 частей и возставляемъ перпендикуляры пропорціонально числамъ отдѣльныхъ вѣроятностей. Чтобы видѣть измѣненіе величины перпендикуляровъ, соединяемъ концы ихъ непрерывной кривой. Что изображалось съ помощью цифръ, выражается теперь съ помощью кривой. 20— максимальное число, ему соотвѣтствуетъ самый большій перпендикуляръ, дальше идутъ равныя цифры 15, 6, 1, имъ соотвѣтствуютъ равные перпендикуляры. У насъ получилась кривая для обозначенія вѣроятности. Она называется также нормальной кривой, а иногда биноміальной кривой, потому что значенія перпендикуляровъ соотвѣтствуютъ коэффиціентамъ биноміальнаго разложенія выраженія $(x+a)^m$, въ которомъ оба члена равны другъ другу. Такъ, если бы, напр., $m=10$, то слѣдующія ординаты будутъ выражать ходъ кривой:



Черт. 16.

$$10,\ \left(\frac{10\times 9}{2}=\right)\ 45,\ \left(\frac{10\times 9\times 8}{1.2.3}=\right)\ 120,\quad 210\ldots\ 210,$$

120, 45, 10.

Другими словами, ординаты, возставленныя на равно отстоящихъ точкахъ абсциссы до встрѣчи съ кривой, будутъ имѣть какъ разъ эти значенія.

Если мы возьмемъ въ какомъ-либо измѣреніи случайныя ошибки и значенія ихъ представимъ при помощи кривой, то кривая въ этомъ случаѣ можетъ получить форму нормальной кривой. Возьмемъ примѣръ ошибокъ, которыя были получены при землемѣрныхъ измѣреніяхъ.

Было произведено 100 измѣреній. Затѣмъ изъ наиболѣе вѣроятнаго значенія вычитывали значеніе каждаго отдѣльнаго измѣренія. Разность положительная или отрицательная показывала величину ошибки каждаго отдѣльнаго измѣренія. Однѣ ошибки были велики, другія невелики. Кромѣ того, ошибки были положительныя и отрицательныя. Оказалось, что при ста (100) измѣреніяхъ ошибки распредѣлялись такъ:

Между	+	6″	и	+	5″	было	1	ошибка
	+	5″	и	+	4″	»	2	»
	+	4″	и	+	3″	»	2	»
	+	3″	и	+	2″	»	3	»
	+	2″	и	+	1″	»	13	»
	+	1″	и		0″	»	26	»
		0″	и	—	1″	»	26	»
	—	1″	и	—	2″	»	17	»
	—	2″	и	—	3″	»	8	»
	—	3″	и	—	4″	»	2	»
							100.	

Изъ этой таблицы мы видимъ, что, чѣмъ меньше ошибка, тѣмъ чаще она встрѣчается. Такъ, напр., число ошибокъ, равныхъ 1″ (положительныхъ или отрицательныхъ) равняется 26. Когда ошибка увеличивается до 2″, то количество ихъ въ ту и другую сторону становится меньше, именно, положительныхъ 13 и отрицательныхъ 17. Когда же ошибка увеличивается до 3″, количество ихъ становится еще меньше—3 и 8 и т. д. Такимъ образомъ, по мѣрѣ возрастанія величины ошибокъ количество ихъ становится меньше.

Результаты измѣреній, подобные этимъ, привели къ слѣдующимъ общимъ положеніямъ, которыя называются эмпирическими аксіомами.

1) Чѣмъ больше ошибка по величинѣ, тѣмъ она встрѣчается рѣже;

2) ошибки положительныя и отрицательныя встрѣчаются одинаково часто;

3) очень большія ошибки не встрѣчаются въ точныхъ измѣреніяхъ.

Замѣтимъ, что частота ошибки пропорціональна вѣроятности ошибки, т.-е. о той ошибкѣ, которая повторяется чаще всего, мы можемъ сказать, что она наиболѣе вѣроятна. Тогда предыдущія аксіомы примутъ такой видъ. 1) Большія ошибки менѣе вѣроятны, чѣмъ малыя, 2) вѣроятность ошибокъ положительныхъ и отрицательныхъ одинаково велика и 3) вѣроятность большихъ ошибокъ равняется нулю.

Если мы отмѣтимъ такое свойство ошибокъ, открывающееся эмпирическимъ путемъ, то мы можемъ его изобразить при помощи кривой, которая называется кривой вѣроятности ошибокъ. Здѣсь мы имѣемъ дѣло съ двумя значеніями: съ вѣроятностью ошибки и съ величиной ошибки. Съ помощью y обозначимъ вѣроятность ошибки, а съ помощью x—величину ошибки. Тогда на основаніи вышеприведенной аксіомы, чѣмъ больше будетъ ошибка, тѣмъ меньше будетъ ея вѣроятность, и, наоборотъ, чѣмъ меньше ошибка, тѣмъ больше ея вѣроятность. Значитъ, чѣмъ больше x, тѣмъ меньше y, и наоборотъ. Между x и y есть отношеніе функціональное. Это отношеніе можетъ быть изображено съ помощью кривой вѣроятности.

Литература.

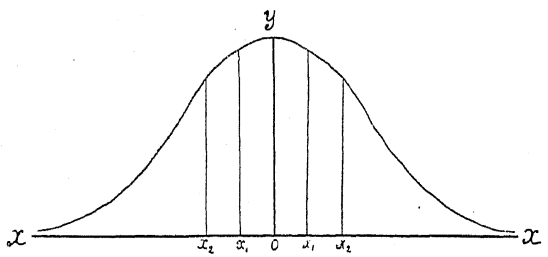
Лоренцъ. Элементы высшей математики, т. 2-й, §§ 509—533.
Merriman. A Text-book on the Method of Least Squares. 1907.
Иверонъ. Способъ наименьшихъ квадратовъ. М. 1904.
Власовъ. Теорія вѣроятностей. М. 1909.
Гатлихъ Записки по исчисленію вѣроятностей. М. 1910.
Некрасовъ. Теорія вѣроятностей. II. 1912.
Тихомандрицкій. Курсъ теоріи вѣроятностей. Харьковъ. 1898.
Орженцкій. Учебникъ математической статистики. II. 1914.
Udny Yule. An Introduction to the Theory of Statistics. London. 1911.
Bowley. Elements of Statistics. London. 1907.
Lipps. Die psychischen Massmethoden. 1906.
Марковъ Исчисленіе вѣроятностей. 1908.
Pascal. Repertorium der höheren Mathematik, I. Theil. Kap. XXII. (Die Wahrscheinlichkeitsrechnung. Тамъ же указаніе литературы).

ГЛАВА III.

Кривая ошибокъ.

Если мы обозначимъ посредствомъ y вѣроятность ошибки, а посредствомъ x величину ошибки, то, такъ какъ y находится въ функціональной зависимости отъ x, ихъ отношеніе можно представить слѣдующимъ образомъ: $y = f(x)$.

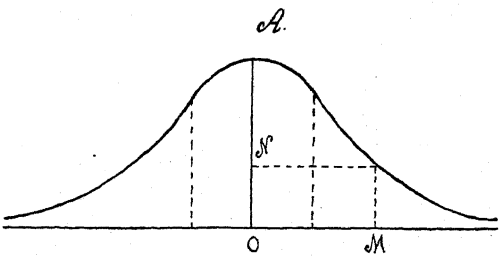
Положеніе, что частота ошибки находится въ зависимости отъ величины ся, мы можемъ изобразить символически слѣдующимъ образомъ. На абсциссѣ (см. черт. 17), на равныхъ другъ отъ друга разстояніяхъ, мы изображаемъ величину ошибокъ. Линія ox_2 соотвѣтствуетъ двойной величинѣ ошибки. Въ точкахъ x_1 и x_2 возставляемъ ординаты, выражающія частоту этихъ ошибокъ. Ордината, соотвѣтствующая ошибкѣ ox_1, будетъ больше, чѣмъ ордината, соотвѣтствующая ошибкѣ ox_2, и т. д. Такой же величины ошибки и соотвѣтствующія имъ ординаты мы можемъ изобразить и съ лѣвой стороны оси ординатъ, потому что, какъ мы видѣли, положительныя и отрицательныя ошибки встрѣчаются одинаково часто. Если концы ординатъ соединить непрерывной кривой, то получится кривая, которая называется кривой вѣроятности или кривой ошибокъ. Точка o обозначаетъ нулевую ошибку. Частота ея представлена соотвѣтствующей



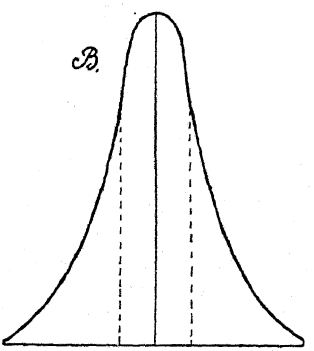
Черт. 17.

ординатой. Кривая получаетъ форму колокола, при чемъ въ верхней своей части она будетъ почти параллельна оси абсциссъ. Это означаетъ, что въ этомъ мѣстѣ, около o, сосредоточиваются ошибки, приближающіяся по величинѣ къ нулю; частота этихъ ошибокъ приблизительно равняется частотѣ нулевой ошибки, и потому въ этомъ мѣстѣ кривая почти параллельна абсциссѣ. Затѣмъ кривая быстро спускается, но никогда не встрѣчается съ осью абсциссы: она приближается къ ней асимптотически.

Почему кривая просто не пересѣкается съ осью абсциссъ? Если бы кривая пересѣкалась съ осью абсциссъ, то это означало бы, что **большія ошибки совсѣмъ не встрѣчаются**, что частота ихъ равняется нулю. Между тѣмъ это послѣднее обстоятельство не согласуется съ практикой. Въ самомъ дѣлѣ, если мы съ помощью точнаго прибора измѣряемъ величину стола, то ошибка въ 2 мм. легко можетъ встрѣтиться, но если бы мы стали измѣрять подъ микроскопомъ величину какого-нибудь организма, то ошибка въ 2 мм. тамъ совершенно невозможна, не встрѣчается. На нашей же кривой предполагается, **что всякія ошибки при измѣреніи встрѣчаются**; поэтому кривая асимптотически приближается къ оси абсциссъ.



Черт. 18.



Черт. 19.

Кривая по ту и другую сторону оси y одинакова, потому что положительныя и отрицательныя ошибки имѣютъ одинаковую частоту или, другими словами, имѣютъ одинаковую вѣроятность. Кривая, слѣдовательно, **симметрична**.

Кривая ошибокъ можетъ имѣть различныя формы. На рис. 18

и 19 изображены двѣ кривыя вѣроятности. Одна изъ нихъ — B, служитъ для представленія точнаго измѣренія. Въ ней преобладаютъ небольшія ошибки. Кривая A служитъ для представленія менѣе точнаго измѣренія: здѣсь малыхъ ошибокъ меньше, чѣмъ въ первомъ случаѣ, а большихъ ошибокъ больше.

Изъ этого ясно, что частоту ошибокъ можно изобразить или представить при помощи кривыхъ различныхъ формъ, но всѣ эти кривыя объединяются съ помощью одной формулы [1]), которая служитъ ихъ аналитическимъ выраженіемъ:

Формула эта слѣд.: $y = ke^{-h^2x^2}$

Раньше мы имѣли: $y = f(x)$.

Что обозначаетъ y? Это есть искомая вѣроятность или частота, потому что вѣроятность пропорціональна частотѣ; e есть основаніе натуральныхъ логариѳмовъ, равняющееся 2,72; k—величина постоянная. Въ этомъ выраженіи остается непонятнымъ, что такое h. Это есть такъ называемая мѣра точности, съ которой мы подробнѣе познакомимся впослѣдствіи, а здѣсь только замѣтимъ, что h прямо пропорціонально точности измѣренія, иначе говоря, чѣмъ больше h, тѣмъ точнѣе измѣреніе.

Смыслъ формулы заключается въ слѣдующемъ. Если дается x, h, то можно опредѣлить, чему равно y. Другими словами, если дается величина ошибки и мѣра точности измѣренія, то мы можемъ опредѣлить вѣроятность ошибки.

Насъ интересуетъ вѣроятность ошибки не одной какой-либо опредѣленной величины, но вѣроятность ошибки, заключающейся между извѣстными предѣлами, именно, опредѣленіе, какова вѣроятность, что случится одна изъ ошибокъ, лежащихъ, напр., между x и x_2. Для этого слѣдуетъ воспользоваться теоремой сложенія вѣроятностей. Какъ мы видѣли, она формулируется слѣдующимъ образомъ. «Если есть рядъ событій, изъ которыхъ каждое имѣетъ свою вѣроятность, то вѣроят-

[1]) Выводъ этой формулы можно найти: Лоренцъ. Элементы математики §§ 517—520 и Merriman. A Text-book on the Method of Least Squares. 1907. Гл. 1 и 2.

ность, что совершится одно изъ этихъ событій, равняется суммѣ отдѣльныхъ вѣроятностей». Если, наприм., вѣроятность отдѣльныхъ событій есть a, b, c, то вѣроятность того, что изъ этихъ трехъ событій совершится одно какое-нибудь, равняется суммѣ вѣроятностей a, b, c, т.-е. $a+b+c=M$. Теперь перенесемъ это разсужденіе на вѣроятность ошибокъ, именно, примѣнительно къ величинѣ ошибокъ между данными предѣлами. Какова вѣроятность того, что будетъ сдѣлана одна изъ ошибокъ между предѣлами x и x_2? Для отвѣта на этотъ вопросъ мы должны сначала опредѣлить вѣроятность ошибокъ опредѣленной величины.

Вѣроятность для x будетъ $y=ke^{-h^2x^2}$
» x_1 » $y_1=ke^{-h^2x_1^2}$
» x_2 » $y_2=ke^{-h^2x_2^2}$

Эти ошибки лежатъ между предѣлами x и x_2. Вѣроятность одной какой-либо изъ этихъ ошибокъ будетъ равняться суммѣ P всѣхъ этихъ отдѣльныхъ вѣроятностей, именно:

$$P=k(e^{-h^2x^2}+e^{-h^2x_1^2}+e^{-h^2x_2^2}).$$

Эта формула можетъ быть написана еще и такъ:

$$P=k\sum_{x}^{x_2}e^{-h^2x^2}.$$

Въ этой формулѣ знакъ $\sum_{x}^{x_2}$ обозначаетъ сумму отъ x до x_2 включительно.

Эта формула отвѣчаетъ на вопросъ, какова вѣроятность того, что появится одна изъ ошибокъ, лежащихъ между x и x_2. Суммѣ, полученной въ этой формулѣ, можно придать точность, если суммированіе производить такъ, какъ это дѣлается въ высшей математикѣ. Предположимъ, что ошибки отдѣлены одна отъ другой безконечно малымъ промежуткомъ—dx, такъ что, если одна ошибка будетъ равняться x, то слѣдующая будетъ равняться $x+dx$ и т. д. Между x и x_2 имѣется безконечное число малыхъ ошибокъ. Предположивъ, что между двумя предѣлами находится безконечное число безконечно малыхъ ошибокъ, мы найдемъ способъ, съ помощью котораго можно выразить указанную сумму математически точно. Вмѣ-

сто суммы долженъ быть поставленъ знакъ интеграла, который представляетъ знакъ суммированія, соединенія безконечно малыхъ величинъ въ нѣчто конечное. Вмѣсто прежней формулы возьмемъ формулу, содержащую интегралъ. Эта формула изображается такъ:

$$P = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{hx} e^{-h^2x^2} d\,(hx).$$

Или, если вмѣсто hx взять величину t, мы получимъ:

$$P = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{t} e^{-t^2} dt.$$

Мы пришли къ интегралу ошибокъ, который даетъ возможность по данной величинѣ ошибки опредѣлить вѣроятность ея.

Разсмотримъ практическое примѣненіе этого интеграла. Положимъ, намъ представляется задача: опредѣлить, какова вѣроятность ошибки, которая выражается съ помощью x и предѣлъ которой изображается черезъ hx или t, которому можно придать всевозможныя значенія. Подставляемъ вмѣсто t: 0, $^1/_{10}$, $^1/_{20}$ и т. д.: величина интеграла соотвѣтственно этому будетъ мѣняться, а вмѣстѣ съ этимъ будетъ получаться и значеніе y.

Такимъ образомъ, подставляя всевозможныя значенія t, начиная отъ 0, и раскрывая значеніе интеграла при всѣхъ возможныхъ значеніяхъ t, можно составить таблицу, которая служитъ для того, чтобы по величинѣ ошибки опредѣлять ея вѣроятность (см. таблицу 1).

Но почему въ этой таблицѣ берется не просто x, а hx, произведеніе мѣры точности измѣренія на величину ошибки? Потому что вѣроятность ошибки зависитъ не только отъ величины ошибки, но также и отъ точности измѣренія. Чѣмъ больше мѣра точности h, тѣмъ меньше будетъ ошибка. Поэтому и вычисляется не вѣроятность какой-либо абсолютной величины ошибки, но вѣроятность произведенія xh.

Какъ слѣдуетъ пользоваться этой таблицей?

Таблица 1.

hx	P_{hx}^{+hx}	hx	P_{-hx}^{+hx}	$h.x$	P_{-hx}^{+hx}	hx	P_{-hx}^{+hx}	hx	P_{-hx}^{+hx}
0,01	0,0113	0,36	0,3693	0,71	0,6847	1,12	0,8868	1,82	0,9899
2	0226	7	3992	2	6914	4	8931	4	9907
3	033 ·	8	4090	3	6981	6	8991	6	9915
4	0451	9	4187	4	7047	8	9048	8	9922
5	0564	0,40	4284	5	7112	1,20	9103	1,90	9928
6	0676	0,41	4380	6	0,7175	1,22	0,9155	1,92	0,9934
7	0789	2	4475	7	7238	4	9205	4	9939
8	0901	3	4569	8	7300	6	9252	6	9944
9	1013	4	4662	9	7361	8	9297	8	9949
0,10	1125	5	4755	0,80	7421	1,30	9340	2,00	9953
0,11	0,1236	6	4847	0,81	0,7480	1,32	0,9381	2,05	0,9963
2	1348	7	4938	2	7538	4	9419	10	9970
3	1459	8	5028	3	7595	6	9456	15	9976
4	1570	9	5117	4	7651	8	9490	20	9981
5	1680	0,50	5205	5	7707	1,40	9523	2,25	9985
6	1790	0,51	0,5292	6	0,7761	1,42	0,9554	2,30	0,9989
7	1900	2	5379	7	7814	4	9583	35	9991
8	2009	3	5465	8	7867	6	9611	40	9993
9	2118	4	5549	9	7918	8	9637	45	9995
0,20	2227	5	5633	0,90	7969	1,50	9661	2,50	9996
0,21	0,2335	6	5716	0,91	0,8019	1,52	0,9684	2,55	0,9997
2	2443	7	5798	2	8068	4	9706	60	9998
3	2550	8	5879	3	8116	6	9726	65	9998
4	2657	9	5959	4	8163	8	9746	70	9999
5	2763	0,60	6039	5	8209	1,60	9764	2,75	9999
6	2869	0,61	0,6117	6	0,8254	1,62	0,9780	2,80	0,9999
7	2974	2	6194	7	8299	4	9796	85	9999
8	3079	3	6271	8	8342	6	9811	90	1,0000
9	3183	4	6346	9	8385	8	9825	95	0000
0,30	3286	5	6420	1,00	8427	1,70	9838	3,00	0000
0,31	0,3389	6	6494	1,02	0,8508	1,72	0,9850		
2	3491	7	6566	4	8587	4	9861		
3	3593	8	6638	6	8661	6	9872		
4	3694	9	6708	8	8733	8	9882		
5	3794	0,70	6778	1,10	8802	1,80	9891		

Положимъ, что у насъ есть величина hx, равняющаяся 1,5. Значеніе h всегда можно опредѣлить. Затѣмъ беремъ произведеніе hx, которое равно 1,5, и въ таблицѣ находимъ, что для 1,5 соотвѣтствуетъ 0,9661. Это и есть вѣроятность ошибки x.

Но что значитъ, что вѣроятность ошибки x равна 0,9661? Это значитъ, что, если произвести 10,000 экспериментовъ, то 9661 ошибка будутъ находиться въ предѣлахъ между $+\frac{1,5}{h}$ и $-\frac{1,5}{h}$, т.-е. 9661 случай придутся на ошибку, имѣющую величину, лежащую между этими предѣлами; въ остальныхъ 339 случаяхъ величина ошибки будетъ находиться внѣ этихъ предѣловъ.

Такимъ образомъ, оказывается, что для извѣстной величины ошибки существуетъ опредѣленная вѣроятность, выраженная въ таблицѣ съ точностью 4 и даже 6 знаковъ.

Но соотвѣтствуетъ ли эта вѣроятность, выведенная теоретически, дѣйствительности? Провѣрка, производившаяся неоднократно, показала, что между теоріей и опытомъ существуетъ очень близкое соотвѣтствіе.

На двухъ рядахъ примѣровъ я покажу степень этого соотвѣтствія въ измѣреніяхъ, которыя считаются особенно точными, именно, въ измѣреніяхъ землемѣрныхъ и астрономическихъ.

Въ однихъ землемѣрныхъ измѣреніяхъ оказалось, что:

$$h = \frac{1}{2'',236}$$

Беремъ	x	въ предѣлѣ	$1''$	тогда	$hx = 0,447$
»	x	»	$2''$	»	$hx = 0,894$
»	x	»	$3''$	»	$hx = 1,341$
»	x	»	$4''$	»	$hx = 1,788.$

Разъ hx равняется 0,447; 0,894; 1,341; 1,788, то мы можемъ опредѣлить, чему будетъ равно P въ каждомъ случаѣ. Въ таблицѣ находимъ, что при:

$$hx = 0{,}45 \qquad P = 0{,}47$$
$$hx = 0{,}89 \qquad P = 0{,}79$$
$$hx = 1{,}34 \qquad P = 0{,}94$$
$$hx = 1{,}79 \qquad P = 0{,}98.$$

Это значитъ, что при извѣстной величинѣ ошибки на 100 измѣреній ихъ будетъ 47; ошибокъ другой величины на 100 измѣреній будетъ приходиться 79 и т. д. Такъ должно быть теоретически, но насколько это соотвѣтствуетъ дѣйствительному количеству ошибокъ? Для этого нужно посмотрѣть на таблицахъ измѣреній, сколько разъ повторяются ошибки извѣстной величины. Въ указанномъ случаѣ измѣреній оказалось слѣдующее:

Предѣлы ошибокъ.	Дѣйствительное число ошибокъ.	Вычисленное число ошибокъ.
0 — 1	52	47
1 — 2	30	32
2 — 3	11	15
3 — 4	4	5
4 — 5	2	1
5 — 6	1	0

Таблица показываетъ, что вычисленное число ошибокъ и дѣйствительное число ошибокъ сближаются другъ съ другомъ. На основаніи вычисленій мы ждемъ 47 ошибокъ, ихъ оказывается 52; ждемъ 32, оказывается 30 и т. д.

Приведу еще изъ астрономіи примѣръ соотвѣтствія теоріи и опыта. Изъ измѣреній астронома Бесселя оказалось слѣдующее отношеніе между числомъ ошибокъ вычисленныхъ и числомъ ошибокъ, оказавшихся въ дѣйствительности.

Должно было быть			107,	оказалось	114
»	»	»	87	»	84
»	»	»	57	»	53
»	»	»	30	»	24
»	»	»	13	»	14
»	»	»	5	»	6
»	»	»	1	»	3
»	»	»	0	»	1

Такимъ образомъ, можно предсказать, какое количество ошибокъ извѣстной величины окажется въ тѣхъ или иныхъ измѣреніяхъ. Это справедливо по отношенію къ астрономическимъ и геодезическимъ измѣреніямъ, но остается сомнительнымъ, примѣнимо ли это положеніе къ психологическимъ измѣреніямъ. Оказалось, что и въ этой области распредѣленіе ошибокъ подчиняется закону Гаусса.

Приведемъ примѣръ такого опыта.

Берется прямая линія въ 16 сант. длины, и предлагается раздѣлить ее пополамъ. При дѣленіи допускается какая-нибудь ошибка положительная или отрицательная, ошибка въ одну сторону или въ другую. Произвели 100 экспериментовъ и опредѣлили h; оно равнялось 0,40. Затѣмъ вычислили, какое число ошибокъ извѣстной величины должно быть и, наконецъ, число ошибокъ, полученное путемъ вычисленія, сравнили съ числомъ ошибокъ, полученныхъ при производствѣ экспериментовъ. Результаты оказались слѣдующіе:

Число ошибокъ вычисленныхъ.	Число ошибокъ въ экспериментахъ.
22	22
21	21
17	18
14	10
10	9
7	8
4	5
3	1
2	5
1	1

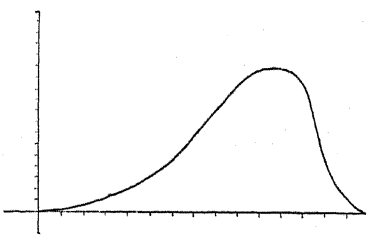
Изъ этого сопоставленія легко видѣть, что соотвѣтствіе между вычисленными и фактически сдѣланными ошибками настолько близко, что приближается къ тому, что имѣется въ астрономическихъ и геодезическихъ измѣреніяхъ. Такимъ образомъ, случайныя ошибки въ психологическихъ измѣреніяхъ подчиняются закону Гаусса такъ же, какъ и въ физическихъ измѣреніяхъ [1]).

[1]) Примѣръ взятъ изъ статьи V. Henri. Le calcul des probabilités en psychologie. Année psychologique. V. 2.

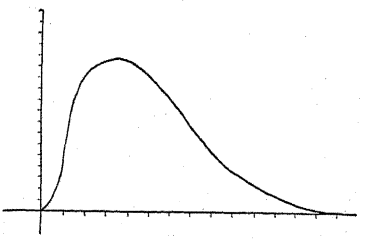
Разсмотрѣнная нами кривая распредѣленія ошибокъ называется нормальной кривой, а также Гауссовской кривой.

Характернымъ свойствомъ ея является ея симметричность.

Практическое значеніе Гауссовской кривой, какъ нормальной кривой ошибокъ, состоитъ въ томъ, что мы, желая опредѣлить точность произведеннаго нами измѣренія, должны нашу кривую распредѣленія ошибокъ сравнивать съ нею. Соотвѣтствіе нашей кривой распредѣленія ошибокъ съ Гауссовской, помимо указанія на точность нашихъ измѣреній, важно еще въ томъ отношеніи, что даетъ возможность воспользоваться многими формулами, примѣнимыми лишь при условіи такого соотвѣтствія.



Черт. 20.



Черт. 21.

Кривыя распредѣленія ошибокъ, кромѣ разсмотрѣнныхъ нами симметрическихъ формъ, могутъ принять также и асимметрическую форму (черт. 20 и 21).

Асимметрическая кривая указываетъ на вліяніе какой-либо постоянной ошибки (которую въ такомъ случаѣ должно вскрыть и устранить), или же просто на неточность нашихъ измѣреній и на несоотвѣтствіе ихъ закону Гаусса.

Литература.

Merriman. A. Text-book on the Method of Least Squares. New York. 1907.

Леонтовичъ А. В. Элементарное пособіе къ примѣненію методовъ Гаусса и Пирсона при оцѣнкѣ ошибокъ въ статистикѣ и біологіи. Кіевъ. 1909—11.

Лоренцъ. Элементы высшей математики. ч. 2-я.

Янсонъ. Теорія статистики. П. 1907.

Davenport. Statistical Methods. New York. 1904.

Czuber. Theorie der Beobachtungsfehler. Lpz. 1911.

Schwering. Lehrbuch der Kleinsten Quadrate. 1909.

Леонтовскій. Практическое примѣненіе теоріи случайныхъ ошибокъ. Екатеринославъ. 1907.

Гродина. Къ теоріи случайныхъ ошибокъ. Екат. 1908.

Гродина. Ряды вѣроятныхъ и среднихъ ошибокъ. Екат. 1909.

ГЛАВА IV.

Вѣроятное значеніе и мѣра точности.

Если мы произвели какія-либо измѣренія, то для насъ очень важно знать, каково истинное значеніе измѣряемой величины. Такъ какъ истиннаго значенія мы опредѣлить не можемъ, то намъ остается воспользоваться наиболѣе вѣроятнымъ значеніемъ. Для опредѣленія наиболѣе вѣроятнаго значенія существуетъ нѣсколько пріемовъ. Изъ нихъ наиболѣе употребительно такъ наз. среднее ариометическое.

Положимъ, мы измѣрили какую-либо величину и получили рядъ значеній: a, a_1, a_2, a_3. Складываемъ полученныя значенія и сумму ихъ дѣлимъ на число измѣреній; тогда мы получаемъ значеніе, которое называется среднимъ ариометическимъ. Мы предполагаемъ, что среднее ариометическое есть наиболѣе вѣроятное значеніе измѣряемой величины. Формула будетъ такая: если искомую величину обозначимъ черезъ A_m, то она будетъ равняться $A_m = \frac{a + a_1 + a_2 \ldots a_n}{n}$ или иначе: $\frac{\Sigma a}{n}$ (Σ есть знакъ суммированія). Напримѣръ, при измѣреніи времени простой реакціи получены слѣдующія значенія (выраженныя въ тысячныхъ доляхъ секунды): 200, 197, 204, 202, 199, 203, 198, 201, 196, 205). Складывая ихъ, мы получаемъ 2005; затѣмъ дѣлимъ сумму на число данныхъ цифръ, т.-е. на 10, и получаемъ 200,5; это и будетъ среднее ариометическое для этихъ десяти опытовъ.

Найдя наиболѣе вѣроятное значеніе опредѣляемой величины, мы должны опредѣлить мѣру точности измѣренія или, другими словами, опредѣлить качество измѣренія.

Для опредѣленія мѣры точности существуетъ много пріемовъ. Одинъ изъ пріемовъ извѣстенъ подъ именемъ *средняго уклоненія*. Въ психологіи со времени Фехнера вмѣсто этого употребляется терминъ *средней варіаціи* (mittlere Variation). Для опредѣленія средней варіаціи берется найденное среднее ариѳметическое, и опредѣляется разность между нимъ и каждымъ изъ найденныхъ значеній. Эти разности могутъ быть положительными и отрицательными. Если мы сложимъ эти разности, не обращая вниманія на ихъ знаки, то среднее ариѳметическое ихъ и будетъ среднимъ уклоненіемъ. Возьмемъ найденное нами среднее ариѳметическое 200,5; разности между нимъ и каждымъ найденнымъ значеніемъ будутъ:

для	200	+0,5
	197	+3,5
	204	—3,5
	202	—1,5
	199	+1,5
	203	—2,5
	198	+2,5
	201	—0,5
	196	+4,5
	205	—4,5

Сумма разностей равняется 26. Среднее ариѳметическое ихъ равняется 2,6. Это и есть среднее уклоненіе или средняя варіація.

Каждая отдѣльная ошибка, которую мы обозначимъ черезъ f, f_1, f_2, будетъ равняться

$$f = a - a_m$$
$$f_1 = a_1 - a_m$$
$$f_2 = a_2 - a_m$$

Но въ какомъ смыслѣ среднее уклоненіе является мѣрой точности? Разность между среднимъ ариѳметическимъ и каждымъ отдѣльнымъ измѣреніемъ показываетъ, насколько данное измѣреніе уклонилось отъ средняго значенія. Эти уклоненія могутъ быть и очень большія и очень малыя, положительныя или отрицательныя. Повидимому, для опредѣленія мѣры точ-

ности измѣренія намъ нужно было бы взять просто сумму уклоненій. Но этотъ пріемъ нельзя считать цѣлесообразнымъ, потому что алгебраическая сумма можетъ оказаться равной нулю, такъ какъ положительныя и отрицательныя значенія могутъ взаимно компенсироваться. Поэтому надо воспользоваться другимъ пріемомъ [1]). Возьмемъ уклоненія двухъ рядовъ измѣреній.

1-ый рядъ: $+5, -2, +3, -7, +2.$
2-ой рядъ: $-10, \quad 0, +15, -3, -2.$

Который рядъ измѣреній болѣе точенъ, первый или второй? Если мы обратимъ вниманіе на то, что 10 и 15 слишкомъ большія уклоненія, то сразу бросается въ глаза, что второй рядъ измѣреній менѣе точенъ. Если же возьмемъ алгебраическую сумму, то получимъ для перваго ряда $+1$, для второго 0. Во второмъ случаѣ сумма даже оказывается меньше, хотя, повидимому, этотъ рядъ измѣреній менѣе точенъ. Вмѣсто того, чтобы брать алгебраическую сумму, складываемъ абсолютныя величины, не обращая вниманія на знаки; въ первомъ случаѣ получаемъ 19 и во второмъ 30. Сумму дѣлимъ на число значеній и получаемъ для перваго ряда $19 : 5 = 3{,}8$; для второго $30 : 5 = 6$. Это и будетъ величина средняго уклоненія. Она въ измѣреніяхъ второго ряда больше, чѣмъ перваго, поэтому второй рядъ измѣреній менѣе точенъ, чѣмъ первый. Это среднее уклоненіе и является мѣрой точности: если среднее уклоненіе больше, то точность измѣренія будетъ меньше.

Формула для средняго уклоненія будетъ такая:

$$MV = \frac{f + f_1 + f_2 \cdots f_n}{n} = \frac{\Sigma f}{n} = \frac{[f]}{n}$$ [2])

Кромѣ средняго уклоненія, мѣрой точности можетъ служить сумма квадратовъ уклоненій. Если мы вмѣсто величинъ

5, 2, 3, 7, 2
10, 0, 15, 3, 2,

[1]) См. Иверновъ. Способъ наименьшихъ квадратовъ. М. 1910.

[2]) Для обозначенія суммы употребляется или знакъ Σ, или квадратная скобка.

возьмемъ сумму квадратовъ этихъ величинъ, то наличность большихъ уклоненій обнаружится очень рѣзко:

$$5^2+2^2+3^2+7^2+2^2=91$$
$$10^2+0^2+15^2+3^2+2^2=338.$$

Такимъ образомъ, отчетливо бросается въ глаза, что второй рядъ имѣетъ бо́льшія ошибки, а слѣд., менѣе точенъ. Сумма квадратовъ уклоненій называется иначе суммой квадратовъ погрѣшностей или квадратической ошибкой. Формула будетъ такова:

$$\Sigma f^2=[f^2]$$

Сумма квадратовъ ошибокъ опредѣляется слѣдующимъ образомъ. Берется среднее ариѳметическое, опредѣляется величина уклоненія каждаго отдѣльнаго измѣренія. Эти величины возводятся въ квадратъ, и затѣмъ берется сумма ихъ.

Чтобы тотъ или другой рядъ измѣреній могъ быть признанъ точнымъ, сумма квадратовъ ошибокъ должна быть минимальной. Поэтому статистическій методъ, примѣняемый къ изученію погрѣшностей наблюденій, называется методомъ наименьшихъ квадратовъ.

Въ связи съ этимъ находится мѣра точности, которая называется средней квадратической ошибкой измѣренія. Для нахожденія ея нужно сумму квадратовъ ошибокъ раздѣлить на число значеній и изъ частнаго извлечь квадратный корень. Формула ея будетъ такова:

$$m=\sqrt{\frac{\Sigma f^2}{n}}=\sqrt{\frac{[f^2]}{n}}$$

Покажемъ ея примѣненіе на предыдущемъ примѣрѣ. Для перваго ряда измѣреній у насъ получится частное $\frac{91}{5}$, а для второго $\frac{338}{5}$. Если извлечемъ квадратный корень изъ перваго частнаго, то получимъ $\sqrt{18{,}2}=\pm 4{,}2$

Во второмъ случаѣ получимъ $\sqrt{\frac{338}{5}}=67{,}6=\pm 8{,}2$

Средняя квадратическая ошибка во второмъ случаѣ будетъ больше, чѣмъ въ первомъ, что указываетъ на меньшую точность измѣренія второго ряда.

Другая мѣра точности есть такъ наз. h. Она равняется единицѣ, дѣленной на квадратическую ошибку, помноженную на $\sqrt{2}$. Формула ея $h = \frac{1}{m\sqrt{2}}$

Чѣмъ измѣреніе точнѣе, тѣмъ величина h больше. Для того, чтобы убѣдиться въ этомъ, возьмемъ два приведенныхъ выше ряда наблюденій и опредѣлимъ h. Какъ мы видѣли, средняя квадратическая ошибка для перваго ряда измѣреній равняется 4,2, а для второго ряда 8,2. Изъ среднихъ квадратическихъ ошибокъ опредѣлимъ величины h по вышеприведенной формулѣ. Для обоихъ рядовъ измѣреній получимъ

$$h_1 = \frac{1}{4{,}2\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{4{,}2}$$

$$h_2 = \frac{1}{8{,}2\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{8{,}2}.$$

Въ первомъ случаѣ h больше, слѣдовательно, измѣреніе перваго ряда болѣе точно.

Слѣдующая мѣра точности называется средней ошибкой отдѣльныхъ измѣреній. Для нахожденія ея нужно взять сумму квадратовъ уклоненій, раздѣлить ее на число измѣреній безъ единицы и изъ частнаго извлечь квадратный корень. Формула ея будетъ

$$f_m = \sqrt{\frac{\Sigma f^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{[f^2]}{n-1}}\ ^{1})$$

Итакъ, мы имѣемъ слѣдующія формулы для опредѣленія наиболѣе вѣроятнаго значенія и мѣры точности:

---

1) Можно также сказать, что это есть средняя квадратическая ошибка для того случая, когда n мало; тогда въ вышеприведенной формулѣ вмѣсто n берется n—1.

1. Среднее ариѳметическое

$$A_m = \frac{a + a_1 + a_2 + a_3 + \ldots . a_n}{n} = \frac{\Sigma a}{n} = \frac{[a]}{n}$$

2. Среднее уклоненіе

$$MV = \frac{f + f_1 + f_2 + f_3 \ldots f_n}{n} = \frac{\Sigma f}{n} = \frac{[f]}{n}$$

3. Сумма квадратовъ погрѣшностей

$$\Sigma f^2 = [f^2]$$

4. Средняя квадратическая ошибка отдѣльнаго измѣренія

$$m = \sqrt{\frac{\Sigma f^2}{n}} = \sqrt{\frac{[f^2]}{n}}$$

5. Средняя ошибка отдѣльнаго наблюденія

$$f_m = \sqrt{\frac{\Sigma f^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{[f^2]}{n-1}}$$

Но въ самомъ ли дѣлѣ всегда среднее ариѳметическое является показателемъ наиболѣе вѣроятнаго значенія? Въ общемъ слѣдуетъ допустить, что среднее ариѳметическое является показателемъ наиболѣе вѣроятнаго значенія, но бываютъ случаи, когда цѣлесообразнѣе пользоваться другими пріемами. На примѣрѣ можно показать непримѣнимость средняго ариѳметическаго. Положимъ, мы измѣряемъ средній ростъ учащихся какого-либо класса гимназіи. Мы измѣрили 15 человѣкъ и получили опредѣленную среднюю величину, которая, дѣйствительно, будетъ выражать средній ростъ учащихся даннаго класса; но стоитъ къ этимъ измѣреніямъ прибавить величину роста 16-го ученика очень высокаго роста, и среднее ариѳметическое настолько сильно измѣнится, что уже больше не будетъ выражать наиболѣе вѣроятнаго значенія. Съ другой стороны, если прибавить величину роста ученика очень низкаго роста, то опять среднее ариѳметическое станетъ недостаточнымъ выраженіемъ средней величины, которую мы ищемъ.

Въ послѣднее время стали примѣнять другіе способы опредѣленія наиболѣе вѣроятнаго значенія, каковыми являются:

6) Медіана (Zentralwerth) или центральное значеніе.

7) Наиболѣе частое значеніе (Dichtester Werth).

Названіе «Медіана» ввелъ американскій психологъ Скрипчюръ. Важность ея теоретически уже была доказана Лапласомъ, и въ астрономіи ею часто пользовались. Потомъ указалъ на нее Фехнеръ. Нѣмецкіе психологи называютъ медіану Zentralwerth.

Среднее ариѳметическое, медіана и наиболѣе частое значеніе при небольшомъ числѣ измѣреній не совпадаютъ; если число измѣреній велико, то среднее ариѳметическое, медіана и наиболѣе частое значеніе очень приближаются другъ къ другу. Такъ, въ одномъ измѣреніи оказалось, что

среднее ариѳметическое . . .	14,72
медіана	14,58
наиболѣе частое значеніе . .	14,50

На слѣдующемъ примѣрѣ можно показать сближеніе медіаны и средняго ариѳметическаго. Положимъ, намъ данъ рядъ значеній 8, 8, 9, 10, 11, 11, 12. Среднее ариѳметическое для этого ряда будетъ 9,8 а медіана будетъ 10.

Тотъ фактъ, что медіана часто болѣе точно выражаетъ вѣроятное значеніе, заставляетъ предпочитать ее другимъ способамъ опредѣленія наиболѣе вѣроятнаго значенія. Медіана, или центральное значеніе, называется такъ потому, что при опредѣленіи ея изъ ряда данныхъ значеній отыскиваютъ то, которое находится посрединѣ. Это есть то значеніе, которое надъ собой и подъ собой имѣетъ одинаковое число значеній. Положимъ, что намъ нужно опредѣлить медіану для пяти значеній: 5, 7, 8, 9 и 10. Два значенія здѣсь выше 8 и 2 значенія ниже 8, слѣдовательно, 8 есть медіана. Такимъ образомъ, медіану легко опредѣлить, если мы оперируемъ съ нечетнымъ числомъ значеній. Въ этомъ случаѣ среднее значеніе и будетъ медіаной.

Но какъ поступить въ томъ случаѣ, когда будетъ дано четное число значеній? Въ такомъ случаѣ надо взять число зна-

ченій n, прибавить единицу и сумму раздѣлить на два. Формула, слѣдовательно, будетъ такая $\frac{n+1}{2}$. Она опредѣляетъ, какое изъ ряда данныхъ значеній является медіаной. Если, напримѣръ, имѣется 10 значеній, то для нахожденія медіаны нужно взять 11 и раздѣлить на два, получимъ $5^1/_2$. Слѣдовательно, медіана находится между пятымъ и шестымъ значеніемъ; т.-е. нужно взять пятое значеніе и шестое, сложить ихъ и сумму раздѣлить пополамъ.

Вообще, если дается большой рядъ чиселъ, то для нахожденія медіаны нужно значенія расположить въ извѣстномъ порядкѣ — возрастающемъ или убывающемъ, затѣмъ отсчитать извѣстное число значеній, смотря по величинѣ ряда, отъ меньшаго и столько же отъ большаго: среднее будетъ медіаной. Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ такой упрощенный способъ непримѣнимъ; для такихъ случаевъ опредѣленія медіаны существуетъ особая формула.

Положимъ, у насъ имѣется рядъ значеній, изъ которыхъ нѣкоторыя повторяются нѣсколько разъ: 120, 121, 121, 121, 121, 122, 122, 122, 123, 123, 123, 123, 123, 124, 124, 124, 124, 125, 125.

Отмѣтимъ число повтореній каждаго значенія:

120	121	122	123	124	125
1	4	3	5	4	2

Если отыскивать по вышеприведенному правилу, то медіаной было бы 10-е значеніе, а такимъ является 123. Это не вполнѣ точно, потому что медіана будетъ равняться не вполнѣ точно 123. Для отысканія медіаны въ такихъ случаяхъ примѣняется слѣдующая формула:

$$M = r + \frac{c}{2m}$$

Въ этой формулѣ r соотвѣтствуетъ числу, въ которомъ надо искать медіану, т.-е. 123. m есть число повтореній 123, т.-е. 5. Число значеній, которыя больше 123, обозначаемъ черезъ

a, а число значеній меньшихъ, чѣмъ 123—черезъ b, именно 6. c есть разность между $b - a = -2$.

Подставивъ эти значенія въ вышеприведенную формулу, получимъ

$$M = 123 + \frac{-2}{10} = 122{,}8.$$ [1])

Способъ наиболѣе часто встрѣчающагося значенія можно также употреблять вмѣсто средняго ариометическаго, въ особенности въ тѣхъ случаяхъ, когда въ найденныхъ значеніяхъ оказываются большія колебанія. Если бы приведенныя выше цифры обозначали время реакціи, то, отмѣтивши, сколько разъ встрѣчается каждое значеніе, мы нашли бы, что 123 есть наиболѣе часто встрѣчающееся значеніе. Можно графически, при помощи указанныхъ выше пріемовъ, изобразить значеніе, которое наиболѣе часто встрѣчается. Графика даетъ возможность наглядно опредѣлить частоту того или другого значенія.

Такимъ образомъ, когда среднее ариометическое можетъ оказаться непримѣнимымъ, можно пользоваться медіаной и наиболѣе частымъ значеніемъ для опредѣленія наиболѣе вѣроятнаго значенія.

Литература.

Лоренцъ. Элементы высшей математики, ч. 2-я (Приложеніе 3).
Ивероновъ. Способъ наименьшихъ квадратовъ. М. 1904.
Леонтовичъ. Элементарное пособіе къ примѣненію методовъ Гаусса и Пирсона.
Гатлихъ. Записки по исчисленію вѣроятностей. М. 1910.
Merriman. указ. соч.
Scripture. The New Psychology. London. 1897 (Appendix III).
Кольраушъ. Руководство къ практикѣ физическихъ измѣреній. II. 1891. (Стр. 1—20).
Zizek. Die statistischen Mittelwerthe. Lpz. 1908.
Fechner. Kollektivmasslehre. Lpz. 1897.
Wirth. Psychophysik. Lpz. 1912.
Udny Yule. An Introduction to the Theory of Statistics. 1911.
Bowley. Elements of Statistics. 1907.

---

[1]) Формула и примѣръ взяты у Скрипчюра The New Psychology. Стр. 481.

ГЛАВА V.

Вѣроятная ошибка.

Для опредѣленія качества наблюденія, кромѣ указанныхъ выше мѣръ точности, пользуются также такъ наз. «вѣроятной ошибкой». Въ строгомъ смыслѣ слова вѣроятная ошибка вовсе не есть ошибка. Терминъ «ошибка» въ этомъ случаѣ употребляется условно. Вѣроятная ошибка собственно есть предѣлъ, именно, вѣроятная ошибка, которую мы символически обозначимъ черезъ $\pm w$, есть такая величина ошибки, по отношенію къ которой одна половина ошибокъ будетъ больше, а другая половина будетъ меньше. Если, напр., мы произвели сто измѣреній, и у насъ получилось сто ошибокъ, то въ предѣлахъ $+w$ и $-w$ будетъ заключаться 50 ошибокъ.

Нетрудно понять, что величина вѣроятной ошибки находится въ зависимости отъ качества измѣренія. Если у насъ большинство ошибокъ—незначительны, то величина той ошибки, по отношенію къ которой одна половина ошибокъ будетъ больше, а другая меньше, тоже будетъ незначительна. Если разставить ошибки въ рядъ, то будетъ ясно, что ошибка, отдѣляющая одну указанную половину отъ другой, будетъ невелика.

Такимъ образомъ, чѣмъ точнѣе наблюденіе, тѣмъ меньше вѣроятная ошибка, и наоборотъ.

Покажемъ, какъ выводится формула вѣроятной ошибки.

Положимъ, произведено измѣреніе, и получено нѣкоторое количество ошибокъ. Въ предѣлахъ между $+w$ и $-w$ находится одна половина ошибокъ, а внѣ этихъ предѣловъ находится другая половина ошибокъ. Есть столько же вѣроятности, что

величина ошибки въ предѣлахъ $\pm w$ будетъ имѣть мѣсто, сколько и не будетъ имѣть мѣста. Вѣроятность того, что вообще какая-либо ошибка будетъ имѣть мѣсто, равняется 1, вѣроятность же того, что половина ошибокъ будетъ имѣть мѣсто, равняется 0,5.

Вѣроятная ошибка есть какъ разъ та величина ошибки x, вѣроятность которой $P = 0{,}5$.

Въ таблицѣ интеграла вѣроятностей находимъ, что, когда $P = 0{,}5$, то значеніе hx лежитъ между 0,47 и 0,48, а при болѣе точномъ вычисленіи 0,4769.

Обозначимъ это значеніе x черезъ w; тогда получимъ, что

$$w = \frac{0{,}4769}{h}.$$

Но h намъ извѣстно; оно выражается черезъ посредство квадратической ошибки и равняется

$$h = \frac{1}{m\sqrt{2}}.$$

Отсюда w вѣроятная ошибка

$$w = 0{,}4769\, m\sqrt{2} = 0{,}6745\, m$$

или

$$w = 0{,}6745\sqrt{\frac{[f^2]}{n}}.$$

Итакъ, для нахожденія величины вѣроятной ошибки нужно сумму квадратовъ ошибокъ раздѣлить на число наблюденій n; изъ частнаго извлечь квадратный корень и умножить на 0,6745. Чтобы избѣжать извлеченія квадратнаго корня, можно пользоваться другой формулой:

$$w = 0{,}8453\,\frac{[f]}{n}.$$

Обѣ эти формулы служатъ одинаково для опредѣленія такъ наз. вѣроятной ошибки отдѣльнаго наблюденія. Но есть еще вѣроятная ошибка средняго вывода.

Она равняется вѣроятной ошибкѣ отдѣльнаго наблюденія, дѣленной на $\sqrt{n-1}$

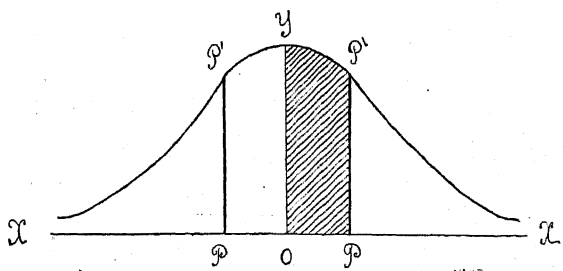
$$f_w = \frac{w}{\sqrt{n-1}} = 0{,}6745 \sqrt{\frac{[f]^2}{n(n-1)}}.$$

Фехнеръ предложилъ другую формулу для вѣроятной ошибки средняго вывода:

$$f_w = \frac{1{,}95503\ [f]}{n\sqrt{2n-1}}.$$

Для примѣненія вѣроятной ошибки средняго вывода имѣются слѣдующія основанія.

Если мы произведемъ большое количество измѣреній, распадающихся на отдѣльныя группы измѣреній, то качество из-

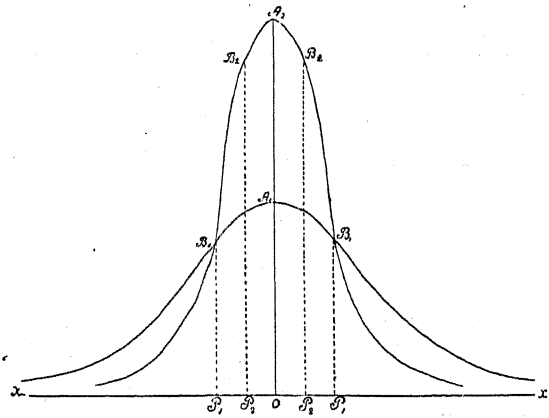


Черт. 22.

мѣренія одной группы будетъ отличаться отъ качества измѣренія другой группы. Тогда мы можемъ каждую группу измѣренія разсматривать, какъ отдѣльное измѣреніе, и искать для нея мѣру точности.

Вѣроятная ошибка отдѣльнаго наблюденія можетъ быть изображена графически. Всякую кривую частотъ мы можемъ разсматривать, какъ площадь, ограниченную съ одной стороны кривой, а съ другой—осью абсциссъ. Площадь эта является суммой или интеграломъ ординатъ, а каждая ордината является выраженіемъ количества ошибокъ. Если мы площадь XYX раздѣлимъ пополамъ при помощи ординаты YO, то абсцисса OP представитъ величину вѣроятной ошибки (черт. 22). Всѣ остальныя ошибки, представляемыя абсциссами,

распредѣлятся такимъ образомъ, что половина ихъ будетъ больше вѣроятной ошибки, а другая половина будетъ меньше. Количество ошибокъ, выраженныхъ площадью между ординатами OY и PP^1, будетъ составлять одну половину ошибокъ, а количество ошибокъ по правую сторону ординаты PP^1 представляетъ другую половину ошибокъ. Первая половина—это ошибки меньшія, вторая половина—ошибки большія, чѣмъ OP, т.-е., чѣмъ величины вѣроятной ошибки. То, что справедливо относительно ошибокъ, частота которыхъ изображена по правую сторону отъ оси ординатъ, т.-е. ошибокъ положительныхъ, справедливо и относительно ошибокъ, частота которыхъ изображается по лѣвую сторону, т.-е. ошибокъ отрицательныхъ.



Черт. 23.

Какъ мы сказали выше, вѣроятная ошибка служитъ средствомъ для сравненія измѣреній и даетъ представленіе о точности полученныхъ результатовъ.

Возьмемъ двѣ кривыхъ (черт. 23) и сравнимъ ихъ съ точки зрѣнія точности измѣренія по величинѣ ихъ вѣроятной ошибки.

Въ одномъ случаѣ вѣроятная ошибка будетъ OP_1, а въ другомъ случаѣ она будетъ OP_2. Во второмъ случаѣ вѣроятная ошибка будетъ меньше, слѣдовательно, измѣреніе будетъ болѣе точно. Въ одной кривой максимальная ордината OA_1, а въ другой максимальная ордината OA_2. Частота нулевой ошибки во второмъ случаѣ въ два раза больше, чѣмъ въ первомъ. Отсюда ясно, что вторая кривая является выраженіемъ болѣе точнаго измѣренія.

Изъ таблицы 1-ой можно получить весьма важную въ

практическомъ отношеніи таблицу, дающую возможность опредѣлить, какое количество ошибокъ, соотвѣтствующее дробнымъ и кратнымъ частямъ вѣроятной ошибки, должно быть въ данномъ измѣреніи. Если количество ошибокъ, найденныхъ при помощи вычисленія, соотвѣтствуетъ тому количеству ошибокъ, которое оказалось въ дѣйствительномъ измѣреніи, то мы можемъ сказать, что данное измѣреніе соотвѣтствуетъ закону Гаусса. Въ такомъ случаѣ мы можемъ признать, что ошибки измѣренія дѣйствительно случайны, и только въ этомъ случаѣ среднее ариѳметическое будетъ являться вѣроятнымъ значеніемъ измѣренныхъ величинъ.

Если мы значенія hx первой таблицы раздѣлимъ на wh, то получится частное $\frac{xh}{wh} = \frac{x}{w}$.

Это есть величина ошибки, дѣленная на вѣроятную ошибку. Такимъ образомъ, можно получить таблицу, показывающую вѣроятность ошибокъ въ предѣлахъ между $-\frac{x}{w}$ и $+\frac{x}{w}$. Если вѣроятность ошибокъ между этими предѣлами будетъ, напр., 0,264, то это значитъ, что изъ 1000 ошибокъ 264 ошибки будутъ находиться между этими предѣлами.

Покажемъ, какъ слѣдуетъ пользоваться указанной таблицей (см. табл. 2). Разъ мы имѣемъ величину вѣроятной ошибки, то мы можемъ опредѣлить и дробныя и кратныя части вѣроятной ошибки, т.-е. $0{,}1\,w$; $0{,}2\,w$, $2\,w$, $3\,w$ и т. п.

Въ таблицѣ указывается, какое количество ошибокъ изъ 1000 измѣреній будетъ находиться въ предѣлахъ

между $+\ 0{,}1\,w$ и $-0{,}1\,w$
между $+\ 1{,}0\,w$ и $-1{,}0\,w$
между $+\ 1{,}5\,w$ и $-1{,}5\,w$ и т. д.

На таблицѣ предѣлъ обозначается рубрикой $\pm\frac{x}{w}$, а количество ошибокъ, которое приходится на 1000, находится подъ рубрикой A.

Таблица 2.

Число A ошибокъ, лежащихъ въ 1000 измѣреній въ предѣлахъ между $-\frac{x}{w}$ и $+\frac{x}{w}$.

$\frac{\pm x}{w}$	A	$\frac{\pm x}{w}$	A	$\frac{\pm x}{w}$	A	$\frac{\pm x}{w}$	A
0	0	1,0	500	2,0	823	3,0	957
0,1	54	1,1	542	2,1	843	3,1	963
0,2	107	1,2	582	2,2	862	3,2	969
0,3	160	1,3	619	2,3	879	3,3	974
0,4	212	1,4	655	2,4	894	3,4	978
0,5	264	1,5	688	2,5	908	3,5	982
0,6	314	1,6	720	2,6	920	3,6	985
0,7	363	1,7	749	2,7	931	3,7	988
0,8	411	1,8	776	2,8	941	3,8	990
0,9	456	1,9	800	2,9	949	4,0	993

Если у насъ есть величина вѣроятной ошибки, соотвѣтствующая $2w$, то въ этой таблицѣ мы найдемъ цифру 823. Если у насъ ошибка—$0{,}5\,w$, то въ таблицѣ будетъ 264. Это значитъ, что на 1000 наблюденій должно быть 264 случая такихъ ошибокъ.

Такимъ образомъ, опредѣленіе соотвѣтствія данныхъ измѣреній закону Гаусса распредѣляется на слѣдующихъ три момента.

1) отыскать величину вѣроятной ошибки по формулѣ

$$w = 0{,}6749 \sqrt{\frac{[f^2]}{n}}$$

или

$$w = 0{,}8453 \frac{[f]}{n}$$

2) опредѣлить дробныя и кратныя части вѣроятной ошибки.

3) сосчитать количество ошибокъ въ предѣлахъ $\pm \frac{x}{w}$.

Въ таблицѣ ошибки вычислены на 1000 случаевъ. Но само собою разумѣется, что нѣтъ надобности производить 1000 измѣреній для того, чтобы удостовѣриться, соотвѣтствуетъ ли измѣреніе закону Гаусса. Если произведено, напр., 84 измѣренія, то нужно число ошибокъ на таблицѣ раздѣлить на 84.

Покажемъ на примѣрѣ, какъ производится вычисленіе вѣроятной ошибки и опредѣляется соотвѣтствіе данныхъ измѣреній закону Гаусса.

Испытуемый на глазомѣрномъ аппаратѣ долженъ былъ установить разстояніе, равное 10 мм.

Въ 50 экспериментахъ у него получились слѣдующія разстоянія:

11	10,7	9,8	10,3
10,5	10,5	10,5	10,5
10,4	11	11	10,2
10,7	10,9	10,7	10,4
10,2	10,4	10,8	10,3
10,1	11	10,5	10,1
10	9,6	10,6	10,4
10,3	10,2	10,7	10,3
10	9,7	10,2	10,1
10,2	9,8	10,5	10,2
10,4	9,8	10,4	9,6
10,7	10	10,5	10,4
		10	10,1

Среднее ариѳметическое 10,344.

Средняя уклоненія будутъ равны:

0,656	0,356	0,544	0,044
0,156	0,156	0,156	0,156
0,056	0,656	0,656	0,144
0,356	0,556	0,356	0,056
0,356	0,056	0,456	0,044
0,144	0,656	0,156	0,244
0,244	0,744	0,256	0,056
0,344	0,144	0,356	0,044
0,044	0,644	0,144	0,244

0,344	0,544	0,156	0,244
0,144	0,544	0,056	0,144
0,056	0,344	0,156	0,744
		0,344	0,056

Сумма ошибокъ будетъ равняться = 14,312

Вѣроятная ошибка равняется

$$w = \frac{0{,}8453 \,.\, 14.312}{50} = 0{,}242.$$

Отсюда дробныя и кратныя части вѣроятной ошибки:

0,1	0,024
0,2	0,048
0,3	0,072
0,4	0,096
0,5	0,120
1,0	0,242
1,5	0,362
2,0	0,484
2,5	0,604
3,0	0,726

Теперь посмотримъ, какое количество ошибокъ должно быть, согласно таблицѣ, въ предѣлахъ между $+0{,}024$ и $-0{,}024$, въ предѣлахъ между $+0{,}048$ и $-0{,}048$ и т. д., и сколько ихъ было на самомъ дѣлѣ.

Результаты можемъ изобразить при помощи слѣд. таблицы.

0,1 w	должно быть	2,7	на самомъ дѣлѣ было	0
0,2 w	„	5,35	„	4
0,3 w	„	8	„	10
0,4 w	„	10,6	„	10
1,0 w	„	13,2	„	10
1,5 w	„	25	„	23
2,0 w	„	34,4	„	38
2,5 w	„	41,15	„	39
3,0 w	„	45,4	„	44
4,0 w	„	47,85	„	49

Такимъ образомъ, оказывается, что количество найденныхъ ошибокъ соотвѣтствуетъ количеству ошибокъ, которое должно было бы быть согласно теоріи [1]).

Литература.

Лоренцъ. Элементы высшей математики, ч. 2-я.

Merriman. A Text-book on the Method of Least Squares. New York. 1907.

Lehmann. Lehrbuch der psychologischen Methodik. Lpz. 1906.

Леонтовичъ. Элементарное пособіе къ примѣненію методовъ Гаусса и Пирсона при оцѣнкѣ ошибокъ, ч. 1-я. 1909.

Кромѣ этого, литература, указанная въ предыдущихъ главахъ.

---

[1]) Примѣръ взятъ изъ изслѣдованій, произведенныхъ въ лабораторіи Московскаго Психологическаго Института.

ГЛАВА VI.

Ощущеніе цвѣта.

Цвѣта психологически могутъ быть разсматриваемы съ трехъ точекъ зрѣнія, именно: качества, насыщенности и свѣтлоты. Различіе между краснымъ, зеленымъ и фіолетовымъ и т. д. есть различіе цвѣтовъ по качеству.

Что такое насыщенность? По общепринятому опредѣленію, цвѣта насыщенные тѣ, въ которыхъ нѣтъ примѣси ни бѣлаго ни чернаго; если же, наоборотъ, замѣчается примѣсь этихъ цвѣтовъ, то это—цвѣта ненасыщенные. Цвѣта насыщены, если они намъ даются такими, каковы они въ спектрѣ. Болѣе правильнымъ было бы другое опредѣленіе: если цвѣтъ не имѣетъ сходства съ другимъ цвѣтомъ, онъ наиболѣе насыщенъ. Возьмемъ желтый цвѣтъ въ томъ видѣ, какъ онъ существуетъ въ спектрѣ; если мы примѣшаемъ къ нему зеленый цвѣтъ, то онъ перестанетъ быть насыщеннымъ, сдѣлается ненасыщеннымъ. Если къ красному цвѣту примѣшаемъ желтый цвѣтъ, то онъ перестанетъ быть насыщеннымъ. Такимъ образомъ, опредѣленіе насыщенности будетъ слѣдующее: насыщеннымъ цвѣтъ будетъ въ томъ случаѣ, если мы беремъ его въ наименьшемъ сходствѣ съ другими цвѣтами.

Что такое свѣтлота цвѣта? Каждый спектральный цвѣтъ приближается или къ темному или къ свѣтлому цвѣту — къ черному, бѣлому или сѣрому. Это называется свѣтлотою цвѣта, по-нѣмецки Helligkeit. Если мы посмотримъ на спектръ, то увидимъ, что одни цвѣта кажутся болѣе свѣтлыми, а другіе болѣе темными. Самымъ свѣтлымъ цвѣтомъ въ спектрѣ явля-

ется желтый, самымъ темнымъ является фіолетовый. Можно сказать, что каждый цвѣтъ имѣетъ опредѣленную свѣтлоту или, какъ въ этомъ случаѣ принято выражаться, имѣетъ «специфическую свѣтлоту». Можно опредѣлить то количество свѣтлоты, которое присуще каждому цвѣту. Это дѣлается слѣдующимъ образомъ. Положимъ, намъ нужно опредѣлить, какое количество свѣтлоты имѣетъ зеленый цвѣтъ спектра. Для этого мы смѣшиваемъ черный и бѣлый цвѣта въ такой пропорціи, чтобы получить свѣтлоту, равную свѣтлотѣ зеленаго цвѣта. Другими словами, составляемъ уравненіе свѣтлоты зеленаго цвѣта и сѣраго цвѣта. Этимъ способомъ можно составить уравненія свѣтлоты для всѣхъ цвѣтовъ спектра.

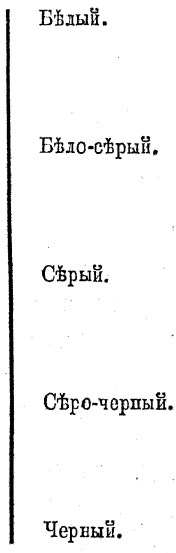


Рис. 24.

Цвѣтами будутъ не только красный, зеленый и т. п., т.-е. такъ назыв. хроматическіе, но и ахроматическіе цвѣта, каковыми являются бѣлый, сѣрый и черный цвѣта, которые, въ отличіе отъ цвѣтовъ хроматическихъ, или цвѣтовъ въ собственномъ смыслѣ слова, называются также нейтральными цвѣтами.

Систему цвѣтовъ принято изображать съ помощью пространственной схемы, смыслъ которой можно пояснить слѣд. образомъ. Систему ахроматическихъ цвѣтовъ можно изобразить съ помощью прямой линіи (см. рис. 24). На ней можно помѣстить одинъ за другимъ цвѣта родственные, начиная отъ самаго свѣтлаго бѣлаго, переходя къ болѣе темнымъ, пока не придемъ къ совершенно черному цвѣту. Цвѣта хроматическіе тоже можно было бы расположить на прямой линіи, располагая ихъ по родству. Что между ними есть родство, въ этомъ легко убѣдиться. Въ спектрѣ мы замѣчаемъ переходъ отъ желтаго къ желто-зеленому, отъ этого послѣдняго къ зеленому, затѣмъ къ зелено-голубому, голубому, темно-голубому, фіолетовому. Такъ мы приходимъ къ концу спектра, располагая цвѣта по ихъ родству. Но мы замѣчаемъ, что на этомъ пути можно отмѣтить этапы, гдѣ ощущеніе цвѣтовъ рѣзко

мѣняется. Если мы идемъ отъ краснаго цвѣта, то, когда мы дойдемъ до того пункта, гдѣ красный совершенно исчезаетъ и начинается желтый, мы замѣчаемъ рѣзкій переходъ къ другому цвѣту. Когда же прошли желтый цвѣтъ, то начинается рѣзко разнящійся отъ него зеленый; затѣмъ начинается рядъ синихъ цвѣтовъ. Вслѣдствіе того обстоятельства, что въ спектрѣ замѣчаются этапные пункты, хроматическіе цвѣта слѣдуетъ изобразить прямой линіей, измѣняющей свое направленіе. Если, далѣе, мы отмѣтимъ, что отъ синяго къ красному есть переходъ въ фіолетовомъ цвѣтѣ, соединяющемъ свойства и синяго и краснаго, то станетъ понятнымъ, что хроматическіе цвѣта всего цѣлесообразнѣе было бы представить при помощи замкнутаго четыреугольника (рис. 25). Въ этой схемѣ символизуется, съ одной стороны, возвращеніе къ исходному пункту, а съ другой стороны, отмѣчаются поворотные пункты.

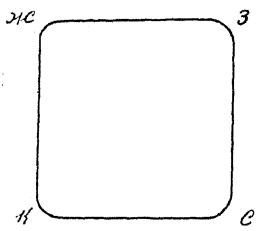


Рис. 25.

Если бы рѣчь шла только о качествѣ цвѣта, то всѣ ахроматическіе цвѣта могли бы изображаться съ помощью прямой, хроматическіе—съ помощью четыреугольника. Но, какъ мы видѣли, при опредѣленіи того или другого цвѣта мы должны принять въ соображеніе еще свѣтлоту и насыщенность его. Качество цвѣта отмѣчается при помощи четыреугольника. Свѣтлоту и насыщенность относятъ къ бѣлому, сѣрому и черному цвѣтамъ. Слѣдовательно, для того, чтобы можно было принять въ соображеніе всѣ три стороны цвѣта, нужно комбинировать обѣ схемы. Это можно сдѣлать такимъ образомъ. Если прямую линію

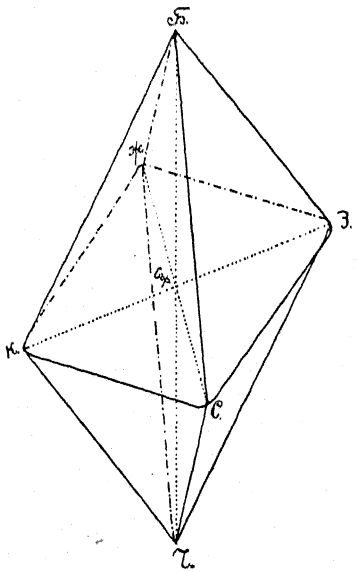


Рис. 26.

возставимъ въ качествѣ перпендикуляра на плоскости, образуемой вышеупомянутымъ четыреугольникомъ, и вершины четыреугольника соединимъ съ концами этой линіи, мы получимъ фигуру— октаэдръ, который и символизуетъ систему цвѣтовъ (рис. 26).

Эта схема должна изображать вмѣстилище всѣхъ цвѣтовъ, какіе только вообще могутъ существовать, всѣ измѣненія цвѣтовъ по качеству, свѣтлотѣ и насыщенности. Какъ сдѣлать, чтобы цвѣта получили соотвѣтствующее размѣщеніе? По четыреугольнику будутъ помѣщаться самые насыщенные цвѣта, которые мы имѣемъ въ спектрѣ. На поверхности октаэдра помѣщаются цвѣта менѣе насыщенные, которые постепенно по направленію кверху переходятъ въ бѣлый цвѣтъ. Напримѣръ, красный цвѣтъ переходитъ сначала въ свѣтлокрасный, постепенно свѣтлѣя, переходитъ въ бѣлый; по направленію же книзу красный цвѣтъ постепенно спускается къ черному. Въ серединѣ, по направленію къ черно-бѣлой оси, будутъ находиться цвѣта, которые на извѣстной высотѣ приближаются къ бѣлому или черному цвѣту и содержатъ очень мало хроматическихъ цвѣтовъ. Такъ какъ желтый цвѣтъ по свѣтлотѣ приближается къ бѣлому, а синій цвѣтъ къ черному, то четыреугольникъ желтымъ концомъ долженъ быть ближе къ бѣлому, а синимъ ближе къ черному. Октаэдръ будетъ такимъ образомъ неправильнымъ. Можно сдѣлать нѣсколько разрѣзовъ по вертикальной линіи, параллельно черно-бѣлой оси, или по горизонтальной плоскости; въ каждомъ разрѣзѣ будутъ находиться цвѣта различнаго качества, степени насыщенности и свѣтлоты.

Такимъ способомъ мы имѣемъ возможность изобразить систему цвѣтовъ, какъ многообразіе трехъ измѣреній.

Что касается физическаго объясненія той или другой стороны цвѣтового ощущенія, то принято думать, что качество цвѣта находится въ зависимости отъ длины волнъ: красному цвѣту соотвѣтствуютъ волны длинныя (см. рис. 27); фіолетовому цвѣту соотвѣтствуютъ волны короткія. Насыщенность зависитъ отъ примѣси другихъ волнъ. Что касается свѣтлоты, то можно предположить, что она находится въ зависимости отъ амплитуды волнъ.

Перейдемъ къ разсмотрѣнію такъ назыв. законовъ смѣшенія цвѣтовъ.

Принято отличать три закона смѣшенія цвѣтовъ.

Первый законъ формулируется такъ: въ спектральныхъ цвѣтахъ для каждаго цвѣта можно найти другой цвѣтъ, въ соединеніи съ которымъ въ опредѣленныхъ количествахъ онъ даетъ бѣлый или сѣрый цвѣтъ. Если возьмемъ, напр., красный цвѣтъ, то можно найти другой цвѣтъ, зеленый, соединеніе котораго

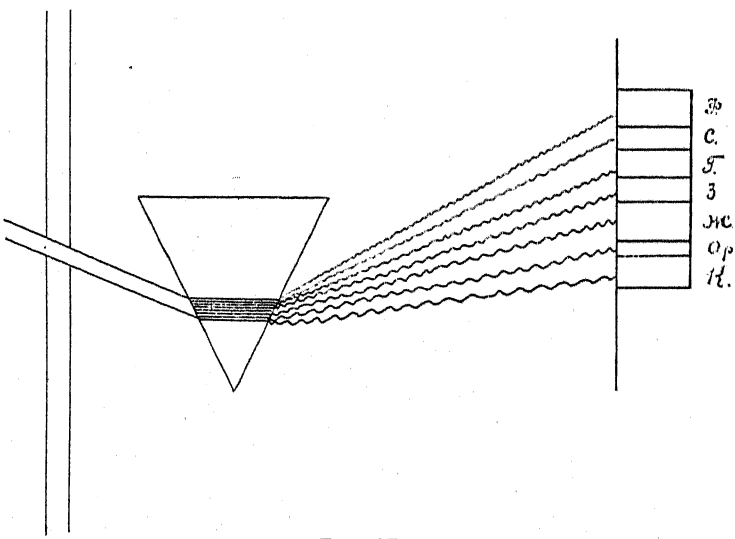


Рис. 27.

съ краснымъ дастъ бѣлый цвѣтъ. Этотъ другой цвѣтъ, дающій въ соединеніи съ первымъ бѣлый цвѣтъ, называется дополнительнымъ или антагонистическимъ цвѣтомъ.

Второй законъ формулируется такъ: если возьмемъ два цвѣта въ разныхъ частяхъ спектра, то ихъ соединеніе дастъ цвѣтъ, находящійся въ спектрѣ между этими двумя цвѣтами. Въ зависимости отъ количества того или другого смѣшиваемаго цвѣта, цвѣтъ, который получается въ результатѣ смѣшенія, будетъ ближе къ одному или къ другому. Если, напр., мы возьмемъ красный и желтый кружки, смѣшаемъ ихъ, то получимъ оранжевый цвѣтъ.

Если при этомъ мы возьмемъ больше краснаго, то результирующій оранжевый цвѣтъ будетъ ближе къ красному; если же возьмемъ больше желтаго, то результирующій оранжевый цвѣтъ будетъ ближе къ желтому цвѣту. Если смѣшаемъ цвѣта фіолетовый и красный, то получимъ цвѣтъ, котораго въ спектрѣ не имѣется—именно, пурпуровый. Красный и желтый при смѣшеніи даютъ оранжевый, приближающійся къ спектральному. Оранжевый и зеленый даютъ желтый. Фіолетовый и зеленый даютъ синій цвѣтъ. Когда при смѣшеніи мы получаемъ новый цвѣтъ, то насыщенность его отличается отъ насыщенности спектральнаго цвѣта.

Смыслъ третьяго закона сводится къ слѣдующему. Возьмемъ какой-нибудь простой цвѣтъ, напримѣръ, оранжевый, какъ онъ дается въ спектрѣ, и оранжевый же цвѣтъ, который получается отъ смѣшенія краснаго и желтаго. Есть ли между этими цвѣтами какая-либо разница, если разсматривать ихъ физически? Между спектральнымъ оранжевымъ цвѣтомъ и оранжевымъ цвѣтомъ отъ смѣшенія краснаго и желтаго есть несомнѣнная разница, потому что въ первомъ случаѣ мы видимъ волны, соотвѣтствующія одному цвѣту—оранжевому, а во второмъ — взаимодѣйствіе различныхъ волнъ. Третій законъ гласитъ, что мы должны оперировать съ цвѣтами, какъ они намъ кажутся, независимо отъ того, есть тутъ смѣшеніе или нѣтъ. Чтобы убѣдиться въ правильности этого требованія произведемъ опытъ: будемъ оперировать съ двумя разными компонентами, дающими одинъ и тотъ же цвѣтъ. Два кружка, красный и зеленый, при смѣшеніи даютъ сѣрый цвѣтъ, свѣтлоту котораго можно опредѣлить, уравнявъ при помощи бѣлаго и чернаго цвѣтовъ. Затѣмъ смѣшиваемъ синій и желтый цвѣта и опять получаемъ сѣрый цвѣтъ, но, чтобы онъ былъ вполнѣ тождественнымъ сѣрому цвѣту, полученному въ предыдущемъ опытѣ, примѣшаемъ къ смѣшиваемымъ цвѣтамъ немного бѣлаго или чернаго цвѣта. Итакъ, красный и зеленый, синій и желтый въ соединеніи даютъ одинаковый сѣрый цвѣтъ. Теперь покажемъ, что компоненты не имѣютъ существеннаго значенія, лишь бы соединеніе

казались одинаковыми. Въ самомъ дѣлѣ, беремъ половину каждаго компоненга. Если въ первомъ случаѣ краснаго мы брали 140°, теперь возьмемъ 70°. Если прежде брали зеленаго 220°, теперь возьмемъ 110° и т. д. Такимъ же образомъ мы поступимъ со смѣсью оранжеваго и синяго цвѣта. Эти половинныя количества соединимъ въ одинъ кружокъ и приведемъ во вращеніе. Полученную отъ вращенія смѣсь будемъ сравнивать съ первоначальной смѣсью: 1) краснаго и зеленаго и 2) синяго и желтаго. Эти двѣ смѣси покажутся тождественными той. Такимъ образомъ, третій законъ имѣетъ въ виду отмѣтить, что мы должны обращать вниманіе на то, какими намъ кажутся цвѣта, а не на то, какъ они составляются.

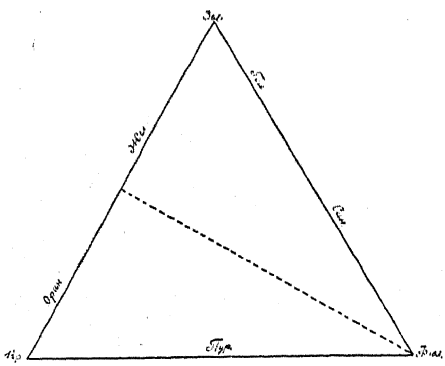


Рис. 28.

Со времени Ньютона принято законы смѣшенія цвѣтовъ изображать символически. Стремились отыскать такую схему, которая показывала бы, съ одной стороны, какой цвѣтъ является дополнительнымъ къ данному цвѣту, съ другой стороны, какое количество одного цвѣта должно быть смѣшано съ другимъ, чтобы получился бѣлый цвѣтъ. Впервые такую схему составилъ Ньютонъ. Въ концѣ XIX в. въ 80-хъ гг. Максвелъ и независимо отъ него Гельмгольцъ составили свои схемы, а вслѣдъ за ними Кёнигъ и Крисъ. Схема эта заключается въ слѣдующемъ.

Изобразимъ систему спектральныхъ цвѣтовъ въ видѣ чего-либо непрерывнаго, напр., въ видѣ двухъ сторонъ треугольника (см. рис. 28). На этихъ двухъ линіяхъ должны расположиться спектральные цвѣта, лежащіе между краснымъ и зеленымъ съ одной стороны, и зеленымъ и фіолетовымъ — съ другой. Если соединимъ точки краснаго и фіолетоваго цвѣта, то получимъ мѣсто для пурпуроваго цвѣта, котораго нѣтъ въ спектрѣ. Въ

серединѣ этого треугольника можно отыскать точку, обладающую такимъ свойствомъ, что, если черезъ нее провести линію отъ фіолетоваго цвѣта къ противоположной сторонѣ, то пересѣченіе съ другой стороной укажетъ, какой цвѣтъ долженъ быть взятъ для того, чтобы при смѣшеніи съ фіолетовымъ получился бѣлый цвѣтъ. Это будетъ именно желто-зеленый цвѣтъ (рис. 29). Если проведемъ такую же линію отъ угла, символизующаго красный цвѣтъ, то точка пересѣченія съ противоположной стороной укажетъ, какой цвѣтъ въ соединеніи съ краснымъ дастъ бѣлый цвѣтъ. Это будетъ сине-зеленый цвѣтъ. Если, далѣе, проведемъ линію отъ зеленаго цвѣта, то опять-таки точка пересѣченія съ противолежащей стороной должна указать, какой цвѣтъ долженъ быть смѣшанъ съ зеленымъ для полученія бѣлаго цвѣта. Такимъ образомъ, эта схема даетъ возможность опредѣлить дополнительный цвѣтъ къ тому или другому цвѣту. Кромѣ того, длина линій показываетъ, какое количество того или другого цвѣта необходимо для полученія бѣлаго цвѣта. Если обозначимъ указанную точку въ серединѣ треугольника посредствомъ W, фіолетовый цвѣтъ черезъ V, желтый черезъ G, то для обозначенія того, какое количество желтаго и фіолетоваго цвѣта мы должны взять, чтобы въ результатѣ смѣшенія получился бѣлый цвѣтъ, нужно составить слѣдующее уравненіе $G.GW = V.VW$. Другими словами, меньшая линія, помноженная на G, равняется большей линіи, помноженной на V. Чтобы могло имѣть мѣсто такое уравненіе, надо, чтобы количество G было больше, чѣмъ количество V.

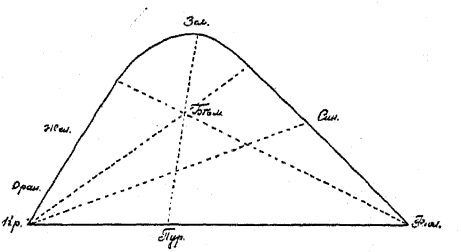


Рис. 29.

Схема эта, называемая обыкновенно цвѣтовымъ треугольникомъ, даетъ возможность выразить еще и другія отношенія между цвѣтами спектра, напр., второй законъ смѣшенія цвѣтовъ. Цвѣтовой треугольникъ у различныхъ и слѣ

дователей имѣетъ различный видъ. Для окончательнаго рѣшенія вопроса, какую именно форму долженъ имѣть цвѣтовой треугольникъ, нужно рѣшить очень много цвѣтовыхъ уравненій.

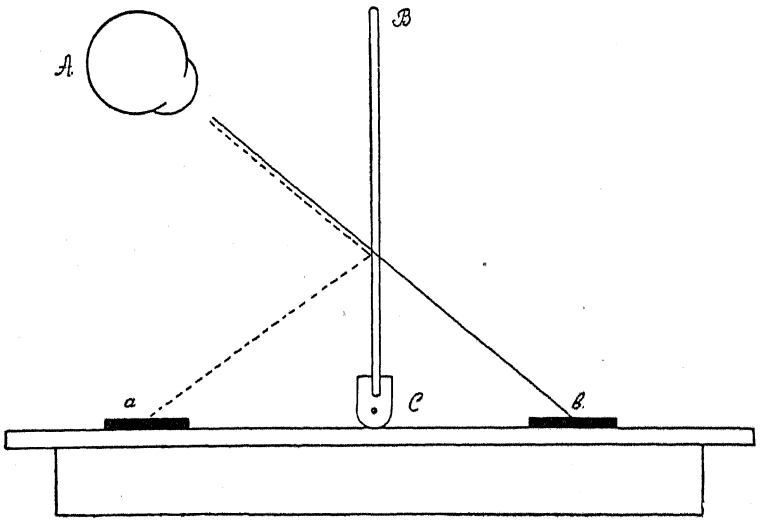


Рис. 30.

Задача 7. Смѣшеніе цвѣтовъ при помощи зеркальнаго стекла.

Для смѣшенія цвѣтовъ существуетъ нѣсколько способовъ. Воспользуемся простѣйшимъ изъ нихъ, именно, смѣшеніемъ при помощи отраженія зеркальнымъ стекломъ. Аппаратъ состоитъ изъ подставки, покрытой чернымъ бархатомъ (см. рис. 30). Посрединѣ подставки возвышается зеркальное стекло B. Если вправо или влѣво отъ него положить цвѣтныя бумажки *a* и *b* и смотрѣть изъ точки *A* на стекло, то лучи, идущіе прямо отъ *b*, смѣшиваются съ лучами, идущими отъ *a* и отражающимися отъ стекла.

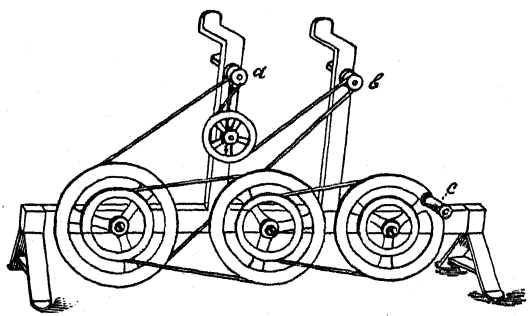


Рис. 31. Вертушка, приводимая въ движеніе рукой за рукоятку *c*.

При помощи этого аппарата можно мѣнять отношеніе обоихъ компонентовъ и, именно, слѣд. образомъ.

Во-1-хъ, мы можемъ симметрически придвигать или отодвигать бумажки отъ стеклянной пластинки.

Во-2-хъ, наблюдатель можетъ смотрѣть съ болѣе высокой или съ болѣе низкой точки.

Въ-3-хъ, можно стеклянную пластинку вращать около точки *C*.

Если мы желаемъ, чтобы обѣ бумажки вполнѣ покрывались, то слѣдуетъ ту бумажку, которая видима непрямо, передвигать соотвѣтственнымъ образомъ.

При помощи этого прибора можно также примѣшать бѣлый цвѣтъ къ любому другому цвѣту. Для этого нужно на правую сто-

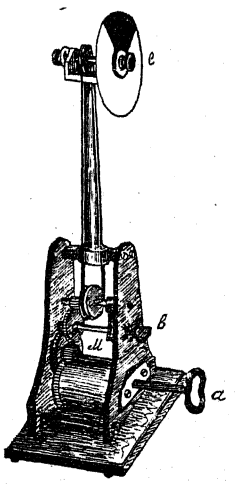


Рис. 31*a*. Вертушка, приводимая въ движеніе часовымъ механизмомъ. *a*—ключъ для завода. *b*—тормазъ, освобожденіе котораго заставляетъ вращаться дискъ *e*.

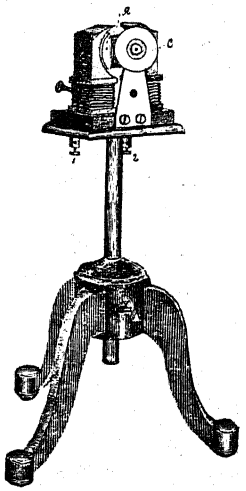


Рис. 31*b*. Вертушка, приводимая въ движеніе электрическимъ моторомъ *A*. Дискъ прикрѣпляется къ оси *c*.

рону, видимую прямо, положить цвѣтную бумажку, а на лѣвую сторону бѣлую бумажку. Также можно примѣшать и черный цвѣтъ. Для этого нужно на лѣвой сторонѣ класть цвѣтную бумажку, а на правой сторонѣ ничего не класть.

Слѣдующій способъ смѣшенія цвѣтовъ — это смѣшеніе при помощи быстраго вращенія цвѣтныхъ кружковъ. Для вращенія пользуются такъ наз. вертушками. Вертушки бываютъ различныхъ системъ: приводимыя въ движеніе рукою, часовымъ механизмомъ и электрическими моторами (рис. 31, 31*a*, 31*b*).

Цвѣтные кружки, которыми обыкновенно пользуются при экспериментахъ, бываютъ двухъ системъ: Вундтовскіе и Геринговскіе. Изготовляются они такъ, чтобы какъ можно болѣе походить на

спектральные цвѣта. Цвѣтные кружки слѣдуетъ имѣть двухъ размѣровъ — большіе и малые.

Чтобы смѣшать два цвѣта, нужно разрѣзать соотвѣтствующіе кружки по радіусу (рис. 32) и вставить одинъ въ другой; затѣмъ путемъ передвиженія вокругъ центра увеличивать или уменьшать количество того или другого цвѣта. Когда мы вкладываемъ одинъ кружокъ въ другой, то одинъ изъ нихъ нѣкоторой своей частью всегда будетъ налегать на другой, такъ что въ этомъ мѣстѣ его можно приподнять, какъ это показано на рисункѣ; при этомъ образуется прорѣзъ. Весьма важно, чтобы этотъ прорѣзъ былъ направленъ въ сторону, противоположную направленію вращенія вертушки. Это правило необходимо соблюдать, когда мы имѣемъ дѣло съ вертушками, приводимыми въ движеніе электрическимъ моторомъ или часовымъ механизмомъ. Если пользуются ручной вертушкой, то это несущественно, такъ какъ ее можно вращать въ любомъ направленіи.

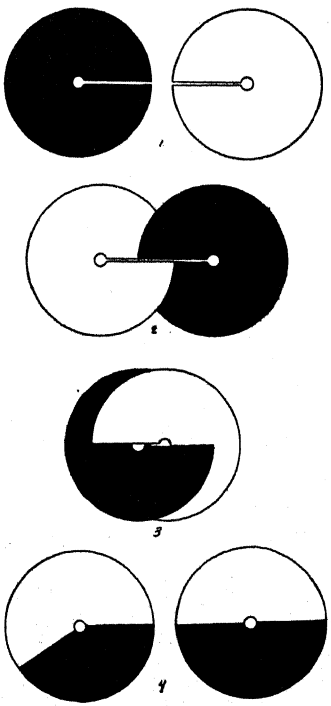


Рис. 32.

Когда мы вложимъ одинъ кружокъ въ другой, то можемъ измѣрить количество того или другого цвѣта. Для этой цѣли употребляется металлическій кругъ съ нанесенными на немъ градусами. Центръ этого круга помѣщается какъ разъ въ центрѣ цвѣтного кружка, а затѣмъ отмѣчается число градусовъ, заключающихся въ томъ или иномъ цвѣтномъ секторѣ.

Всѣ опыты смѣшенія цвѣтовъ должны производиться на фонѣ сѣраго цвѣта. Для достиженія этой цѣли, на нѣкоторомъ разстояніи отъ смѣшиваемыхъ кружковъ, слѣдуетъ поставить экранъ изъ сѣраго картона. Накладываемые другъ на друга кружки должны быть непремѣнно хорошо центрированы и должны въ одну секунду дѣлать болѣе 40 оборотовъ; иначе вмѣсто полнаго смѣшенія будетъ получаться миганіе.

Задача 8. Уравнять свѣтлоту краснаго цвѣта, зеленаго, желтаго, голубого и проч. цвѣтовъ.

Берутъ большой кружокъ того цвѣта, свѣтлоту котораго хотятъ измѣрить, и надѣваютъ на ось вертушки, затѣмъ берутъ два маленькихъ кружка — черный и бѣлый, разрѣзаютъ ихъ по радіусу, вставляютъ одинъ въ другой и надѣваютъ на ось вертушки

поверхъ большого цвѣтного кружка. (См. рис. 33). При вращеніи цвѣтной кружокъ остается неизмѣненнымъ, такъ какъ къ нему ничего не примѣшивали, а въ центрѣ отъ смѣшенія чернаго и бѣ-

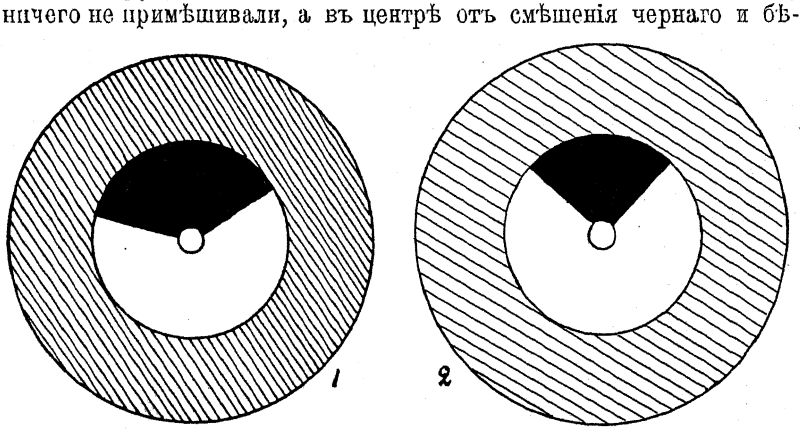


Рис. 33. Уравненія свѣтлоты 1) краснаго цвѣта и 2) желтаго цвѣта.

лаго получается сѣрый цвѣтъ опредѣленной свѣтлоты. Задача состоитъ въ томъ, чтобы уравнять свѣтлоту полученнаго сѣраго цвѣта со свѣтлотой цвѣтного кружка, что достигается просто измѣненіемъ количества чернаго и бѣлаго цвѣта. Послѣ того какъ

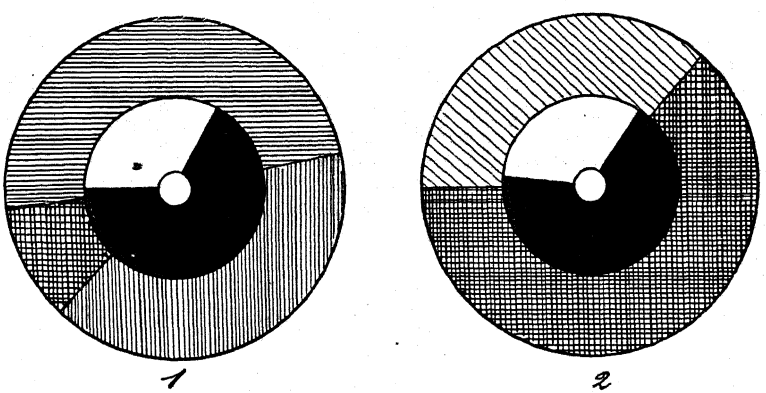


Рис. 34*a*. Смѣшеніе 1) краснаго и зелено-синяго (зел. 174°+красн. 146°+син. 40°) и 2) синяго и желтаго (син. 228°+желт. 132).

уравненіе произведено, измѣряютъ количество бѣлаго и чернаго цвѣтовъ, входящихъ въ малый кружокъ.

Задача 9. Первый законъ смѣшенія цвѣтовъ.

Беругъ какіе-либо два или три большихъ кружка напр., красный, зеленый и синій; вставляютъ одинъ въ другой и заставляютъ

вращаться (рис. 34*a*). Путемъ измѣненія количества того и другого цвѣта достигается то, что отъ смѣшенія получается ахроматическій цвѣтъ. Затѣмъ надѣваютъ на ось вертушки малые диски изъ чернаго и бѣлаго цвѣтовъ и уравниваютъ сѣрый цвѣтъ отъ смѣшенія чернаго и бѣлаго съ полученнымъ (отъ смѣшенія краснаго и зеленаго) сѣрымъ цвѣтомъ.

Смѣшать 1) красный + зелено-синій.

2) синій + желтый.

Уравнять съ сѣрымъ цвѣтомъ.

Задача 10. Второй законъ смѣшенія цвѣтовъ.

Беруть два цвѣта, находящіеся въ разныхъ мѣстахъ спектра и смѣшиваютъ; измѣняя количество компонентовъ, можно полу-

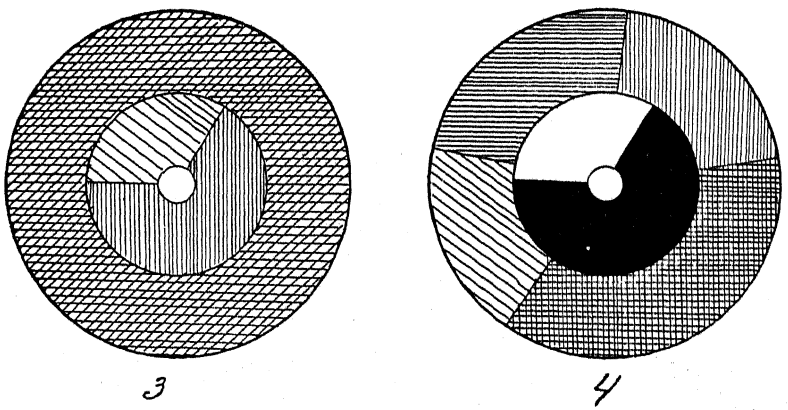


Рис. 34*b*. 3) Смѣшеніе желтаго и краснаго на маломъ дискѣ (желтаго 120° + красн. 240°), на большомъ дискѣ оранжевый цвѣтъ. 4) Иллюстрація третьяго закона. На большомъ дискѣ половинное количество цвѣтовъ перваго и второго диска. (Зеленаго 87° + красн. 73° + желтаго 66° + син. 134°).

чить въ результатѣ смѣшенія спектральный цвѣтъ. Такъ, отъ смѣшенія краснаго и желтаго получается оранжевый. Смѣшать

a) желтый и красный
b) зеленый и фіолетовый
c) красный и фіолетовый

Во всѣхъ случаяхъ опредѣлить свѣтлоту цвѣта, полученнаго отъ смѣшенія.

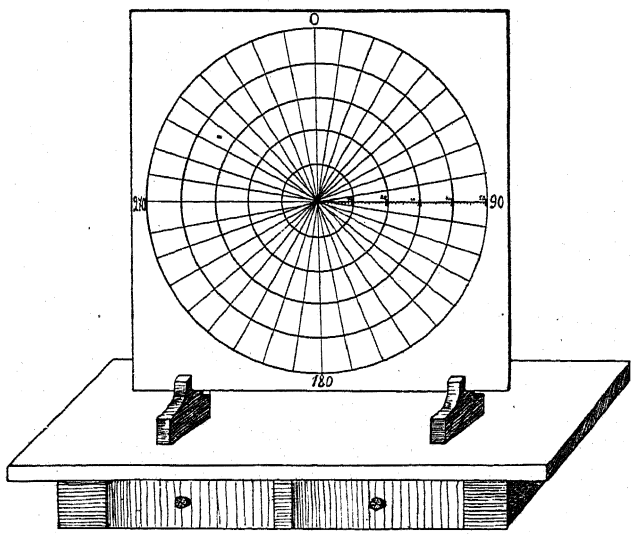
Задача 11. Третій законъ смѣшенія цвѣтовъ.

Беремъ большіе диски краснаго и зеленаго цвѣта. Получающійся отъ ихъ смѣшенія сѣрый цвѣтъ уравниваемъ при помощи малыхъ дисковъ бѣлаго и чернаго цвѣта. Затѣмъ беремъ большіе диски синяго и желтаго цвѣта, а въ центрѣ помѣщаемъ маленькій дискъ изъ чернаго и бѣлаго цвѣтовъ, взятыхъ въ той же пропорціи, какъ это было достигнуто при смѣшеніи краснаго и зеленаго цвѣтовъ;

затѣмъ уравниваемъ сѣрый цвѣтъ отъ смѣшенія синяго и желтаго съ уже имѣющимся сѣрымъ цвѣтомъ (не наоборотъ); это достигается путемъ прибавленія къ синему и желтому чернаго или бѣлаго цвѣта. Въ результатѣ мы будемъ имѣть два совершенно одинаковыхъ сѣрыхъ цвѣта, полученныхъ отъ смѣшенія различныхъ цвѣтовъ:

1) краснаго и зеленаго
2) синяго и желтаго.

Послѣ этого беремъ половинныя количества смѣшиваемыхъ цвѣтовъ каждаго цвѣта, входящаго въ эти два уравненія, соединяемъ ихъ въ одинъ кружокъ (рис. 34*b*). Если приведемъ въ движеніе, то получимъ въ третій разъ тотъ же самый сѣрый цвѣтъ, что и въ пер-



Черт. 35.

выхъ двухъ случаяхъ. Въ этомъ убѣдиться нетрудно: нужно только помѣстить въ центрѣ диска прежнюю смѣсь краснаго и зеленаго или смѣсь синяго и желтаго, но только взять малые диски (рис. 34*b*.4).

Задача 12. Опредѣленіе чувствительности боковыхъ частей сѣтчатки къ различнымъ цвѣтамъ. Опытъ производится при помощи прибора, который называется периметромъ. Для экспериментовъ на практическихъ занятіяхъ можно сдѣлать периметръ слѣдующимъ образомъ. Взять большой листъ сѣраго картона, начертить на немъ концентрическіе круги, на разстояніи 5 сант. другъ отъ друга, и затѣмъ провести радіусы на разстояніи 10 град. (рис. 35). Если фиксировать точку, находящуюся въ центрѣ периметра, и въ то же время разсматривать цвѣтной предметъ, напр., полоску цвѣтной бумажки, находящуюся на нѣкоторомъ разстояніи отъ него, такъ, что изображеніе этого

предмета будетъ падать на боковыя части сѣтчатки, то, какъ извѣстно, на опредѣленномъ разстояніи отъ центра сѣтчатки цвѣтъ перестанетъ быть видимъ, онъ начинаетъ казаться безцвѣтнымъ, потому что глазъ видитъ цвѣта только въ своей центральной части, а въ боковыхъ своихъ частяхъ онъ, такъ сказать, слѣпъ на цвѣта, т.-е. не можетъ различать въ нѣкоторыхъ мѣстахъ краснаго цвѣта, зеленаго и т. д., словомъ, въ боковыхъ частяхъ сѣтчатки цвѣта воспринимаются не такъ, какъ въ центральной части. Чувствительность различныхъ частей сѣтчатки къ тѣмъ или другимъ цвѣтамъ экспериментально изслѣдуется слѣдующимъ образомъ. Опредѣлимъ прежде всего чувствительность боковыхъ частей сѣтчатки къ различенію, напр., краснаго цвѣта. Испытуемый фиксируетъ точку *A*, находящуюся въ центрѣ круга. Экспериментаторъ беретъ полоску красной бумаги и медленно движетъ ее по какому-нибудь радіусу, начиная отъ центра, до тѣхъ поръ, пока испыту-

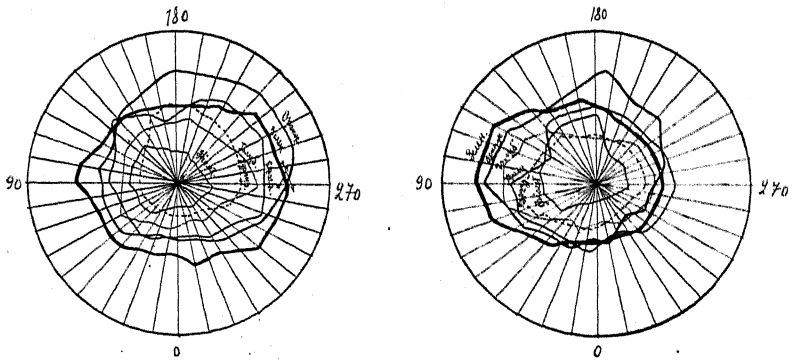


Рис. 36. Изображеніе чувствительности боковыхъ частей сѣтчатки къ цвѣтамъ: зеленому, красному, оранжевому, голубому и т. д. Справа—правый глазъ, слѣва—лѣвый глазъ.

емый не скажетъ, что красный цвѣтъ п е р е с т а л ъ казаться краснымъ. Этотъ пунктъ, т.-е. это разстояніе отъ центра, отмѣчается въ протоколѣ. Затѣмъ по этому же радіусу ту же полоску, начиная значительно дальше того мѣста, гдѣ она не кажется красной, экспериментаторъ передвигаетъ къ центру до тѣхъ поръ, пока она не покажется впервые имѣющей красный цвѣтъ. Этотъ пунктъ также отмѣчается. Затѣмъ берется среднее ариѳметическое изъ перваго разстоянія и второго. Полученная величина показываетъ крайній предѣлъ ощутимости краснаго цвѣта въ направленіи этого радіуса. Сдѣлавъ то же самое по направленію и остальныхъ семи радіусовъ, мы можемъ при помощи круга изобразить границу ощущенія краснаго цвѣта. Для этого намъ нужно имѣть листокъ бумаги, на которомъ проведены круги и радіусы такъ, какъ они проведены на периметрѣ. Такой же экспериментъ произвести по отношенію и къ другимъ цвѣтамъ. Результаты изобразить подобно тому, какъ это сдѣлано на чертежѣ 36.

ГЛАВА VII.

Явленія контраста въ области цвѣтовыхъ ощущеній.

Зависятъ ли свойства цвѣтового ощущенія только отъ раздраженія даннаго мѣста сѣтчатки или еще отъ чего-нибудь другого? Оказывается, что ощущеніе отъ раздраженія даннаго мѣста сѣтчатки измѣняется въ зависимости отъ раздраженія сосѣдняго мѣста сѣтчатки. Зависимость ощущенія отъ раздраженія сосѣдняго мѣста называется контрастомъ.

Явленія контраста находятся въ связи съ явленіемъ отрицательныхъ послѣдовательныхъ изображеній. Если мы будемъ смотрѣть въ продолженіе 10 секундъ на красный квадратъ, а затѣмъ переведемъ глаза на бѣлую поверхность, то вмѣсто краснаго квадрата мы увидимъ зеленый. Это явленіе называется отрицательнымъ послѣдовательнымъ изображеніемъ. Если мы разсматриваемъ бѣлую или сѣрую поверхность послѣ длительнаго созерцанія какого-либо цвѣта, то появляется цвѣтъ дополнительный, или цвѣтъ ему противоположный, антагонистическій.

Если мы сопоставляемъ два цвѣта рядомъ другъ съ другомъ, то воспріятіе одного цвѣта можетъ оказать воздѣйствіе на воспріятіе другого цвѣта. Произведемъ слѣд. опытъ. Возьмемъ красный кружокъ (см. рис. 37) и на немъ кольцеобразную полоску, составленную изъ чернаго и бѣлаго цвѣта. Эти послѣдніе при смѣшеніи дадутъ сѣрый цвѣтъ. Если теперь привести кружокъ въ быстрое вращательное движеніе, то сѣрая кольцеобразная полоска вслѣдствіе контраста покажется зеленоватой. Тотъ цвѣтъ, который оказываетъ воздѣйствіе, называется индуцирующимъ; въ данномъ случаѣ такимъ цвѣтомъ является

красный цвѣтъ. Цвѣтъ, который получается въ результатѣ воздѣйствія, называется индуцируемымъ. Въ данномъ случаѣ такимъ цвѣтомъ будетъ зеленый.

Такое же вліяніе контраста можно демонстрировать при помощи такъ наз. опыта Мейера. Онъ заключается въ томъ, что на какую-нибудь цвѣтную поверхность, напримѣръ, красную, мы накладываемъ черную или сѣрую полоску; затѣмъ ослабляемъ цвѣта тѣмъ, что покрываемъ ихъ папиросной бумагой. Какъ только мы ослабимъ цвѣта, то сѣрая полоска вслѣдствіе контраста пріобрѣтаетъ зеленый цвѣтъ. Если вмѣсто краснаго индуцирующаго цвѣта взять зеленый цвѣтъ, то сѣрый

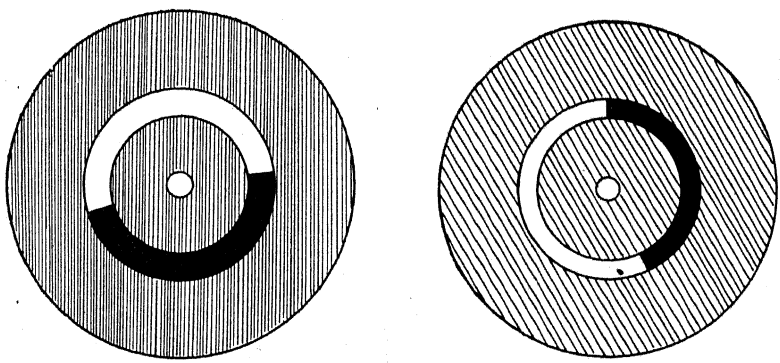


Рис. 37.

цвѣтъ видоизмѣняется въ розоватый. Такимъ образомъ, сѣрый цвѣтъ вслѣдствіе контраста превращается то въ красноватый, то въ зеленоватый, т.-е. въ противоположный тому, на который накладывается полоска.

Явленія такъ наз. цвѣтныхъ тѣней также служатъ для иллюстраціи контраста въ области цвѣтовыхъ ощущеній.

Если передъ экраномъ поставимъ палочку, которую будемъ освѣщать двумя свѣчами 1 и 2, то на экранѣ получатся двѣ тѣни A и B (см. рис. 38). Передъ свѣчей 2 ставимъ какое-нибудь цвѣтное стекло, напримѣръ, краснаго цвѣта. Тогда экранъ будетъ освѣщаться лучами двухъ родовъ—бѣлыми и красными. Весь экранъ долженъ быть видимъ слегка розоватымъ, но настолько слабо, что розоватый цвѣтъ едва замѣтенъ. Тѣнь A,

освѣщаемая краснымъ свѣтомъ свѣчи 2, будетъ краснаго цвѣта, а тѣнь *B*, освѣщенная свѣчей 1, должна бы быть того цвѣта, какъ лучи, идущіе отъ 1, т.-е. бѣлаго цвѣта; въ дѣйствительности же она оказывается не бѣлаго цвѣта, а дополнительнаго, въ данномъ случаѣ—зеленаго цвѣта. Подобное же явленіе наблюдается при заходящихъ лучахъ солнца, когда свѣча и солнце освѣщаютъ одновременно, такъ какъ заходящее солнце содержитъ нѣкоторое количество красныхъ лучей. Если мы свѣчу поставимъ передъ какимъ-либо предметомъ

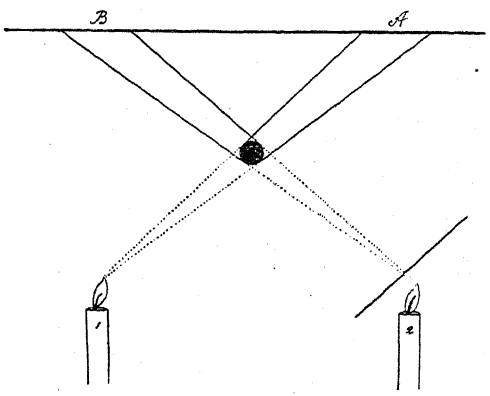


Рис. 38.

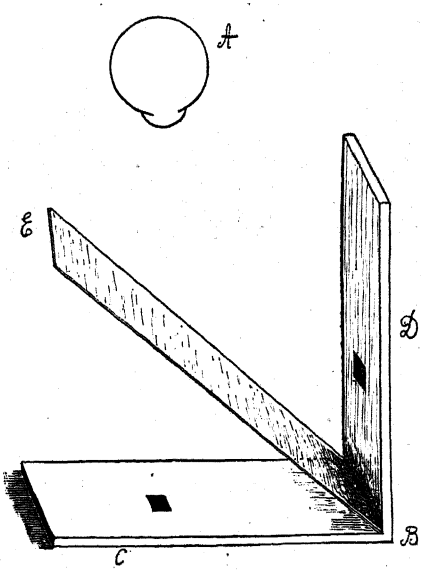


Рис. 39.

такимъ образомъ, чтобы получились двѣ тѣни (отъ солнца и отъ свѣчи), то одна тѣнь будетъ краснаго цвѣта, а другая—дополнительнаго, зелено-синяго или въ этомъ родѣ, въ зависимости отъ первой тѣни. Такимъ образомъ, когда мы имѣемъ два источника свѣта съ разнымъ освѣщеніемъ, то тѣни получаются разныхъ цвѣтовъ, при чемъ одна изъ нихъ будетъ дополнительной къ другой.

Съ контрастнымъ явленіемъ мы имѣемъ дѣло въ такъ наз. опытѣ Рагона Шина (Ragona Scina). Двѣ дощечки *BC* и *BD* подъ угломъ 90° покрыты бѣлой бумагой (рис. 39). Между

ними находится стекло E какого-нибудь цвѣта, напр., краснаго, подъ угломъ 45°. На дощечкахъ имѣются по одному черному пятну въ формѣ квадратика на мѣстѣ a и на мѣстѣ b (рис. 40). Глазъ A получаетъ лучи отъ BC, которые проходятъ черезъ красное стекло, и лучи отъ BD, которые отражаются этимъ стекломъ. Первые лучи—красные, вторые—бѣлые, такъ что BC должно казаться бѣловато-краснымъ. Глазъ A, смотрящій на поверхность BC, видитъ оба квадратика b и a. Квадратикъ a онъ видитъ на мѣстѣ a_1 яркокраснымъ. Въ точкѣ b глазъ видитъ зеленый квадратикъ. Такимъ образомъ, глазъ видитъ два квадратика: одинъ яркокрасный, а другой—окрашенный въ дополнительный зеленый. Это объясняется слѣд. образомъ. Черный квадратикъ, наклеенный на дощечкѣ BD, не отражаетъ бѣлыхъ лучей. Поэтому глазъ въ точкѣ a_1 видитъ только красный цвѣтъ, который, за отсутствіемъ отраженныхъ бѣлыхъ лучей, кажется ярко-краснымъ. Отъ того пункта, гдѣ находится черный квадратъ на BC, тоже не можетъ посылаться никакихъ красныхъ лучей, но зато здѣсь отражаются бѣлые. Глазъ долженъ былъ бы видѣть только бѣлые лучи, но вмѣсто этого, вслѣдствіе контраста, онъ видитъ не бѣлый, а зеленый, т.-е. дополнительный цвѣтъ.

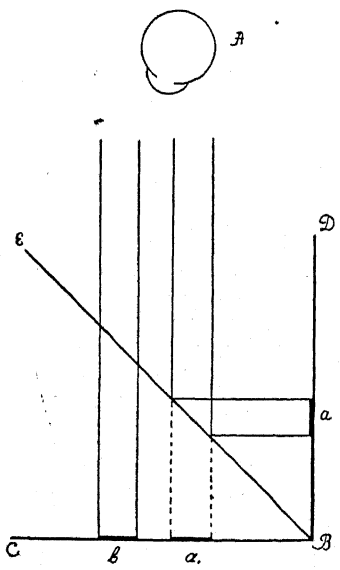


Рис. 40.

Если мы возьмемъ полоску бумаги сѣраго цвѣта, разрѣжемъ ее пополамъ и одну половинку помѣстимъ на бѣлой поверхности, а другую на черной, рядомъ находящейся (см. рис. 40), то тотчасъ увидимъ различіе между ними: полоска, находящаяся на бѣлой поверхности, будетъ казаться темнѣе, чѣмъ та полоска, которая находится на черной поверхности. Это объясняется вліяніемъ контраста. Между бѣлымъ и сѣрымъ,

чернымъ и сѣрымъ существуетъ контрастъ; въ силу этого контраста противоположные цвѣта усиливаются: сѣрый становится темнѣе на бѣломъ и свѣтлѣе на черномъ. Для контрастовъ можно принять за общее правило то, что контрастъ происходитъ на сторону большей противоположности. Если зеленый цвѣтъ дѣйствуетъ на нашъ глазъ одновременно съ краснымъ, то зеленый кажется зеленѣе, а красный краснѣе, одинъ цвѣтъ усиливаетъ другой, ему противоположный.

Укажемъ пріемы, при помощи которыхъ возможно количественное опредѣленіе контраста.

Заставимъ вращаться дискъ, на которомъ сѣрое кольцо составляется изъ бѣлаго и чернаго (см. рис. 37). На сѣромъ кольцѣ получится контрастирующій цвѣтъ. Пусть красный будетъ индуцирующій и зеленый индуцированный. Для измѣренія силы контраста нужно, чтобы свѣтлота краснаго приближалась къ свѣтлотѣ сѣраго. Увеличивая или уменьшая бѣлый или черный цвѣтъ полоски, мы дойдемъ въ концѣ концовъ до того, что свѣтлота краснаго кружка и сѣраго кольца будетъ одинакова. Затѣмъ на другомъ дискѣ, смѣшивая зеленый цвѣтъ съ бѣлымъ и чернымъ, можно найти тотъ зеленый цвѣтъ, который соотвѣтствуетъ индуцируемому.

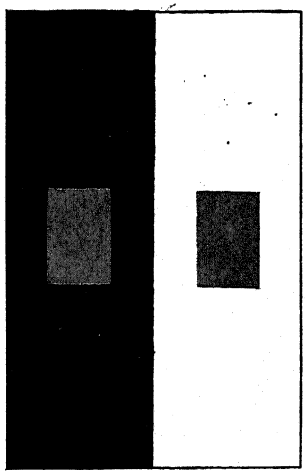


Рис. 41.

Такимъ образомъ, мы можемъ составить уравненіе контраста. Этотъ опытъ можно варіировать такимъ образомъ, что можно индуцирующій цвѣтъ брать въ той или иной степени насыщенности. Получаемый въ этомъ случаѣ контрастный цвѣтъ можно измѣрить указаннымъ только что способомъ. Если мы возьмемъ, напр., красный цвѣтъ пониженной насыщенности, прибавивъ немного чернаго и бѣлаго цвѣта, то получимъ дополнительный цвѣтъ, для котораго и составимъ уравненіе. По

мѣрѣ того, какъ насыщенность краснаго цвѣта уменьшается— увеличеніемъ чернаго и бѣлаго и уменьшеніемъ краснаго— контрастъ становится все меньше и меньше; зеленый цвѣтъ, который получается, дѣлается все менѣе и менѣе насыщеннымъ. Положимъ, мы беремъ сначала:

240° краснаго + 40° бѣлаго + 80° чернаго;

затѣмъ беремъ менѣе насыщенный:

180° краснаго + 60° бѣлаго + 120° чернаго.

При дальнѣйшемъ уменьшеніи насыщенности беремъ:

120° краснаго + 80° бѣлаго + 160° чернаго
60° краснаго + 100° бѣлаго + 200° чернаго
30° краснаго + 110° бѣлаго + 220° чернаго и т. д.

Каждый разъ уменьшается насыщенность, вслѣдствіе этого контрастъ становится все меньше и меньше: цвѣтъ индуцированный становится все менѣе и менѣе насыщеннымъ. Такимъ способомъ производится количественное опредѣленіе контраста.

Какъ объяснить явленія контраста?

Явленія контраста бываютъ двоякаго рода: контрастъ послѣдовательный и одновременный. Послѣдовательный контрастъ мы имѣемъ въ томъ случаѣ, когда разсматриваемъ сначала одинъ какой-нибудь цвѣтъ, напр., красный, затѣмъ переходимъ къ разсмотрѣнію зеленаго цвѣта и замѣчаемъ, что разсмотрѣніе зеленаго цвѣта послѣ краснаго дѣлаетъ его зеленѣе, болѣе насыщеннымъ. Это—явленіе послѣдовательнаго контраста. Тѣ явленія контраста, которыя мы разсматривали до сихъ поръ, были явленіями одновременнаго контраста.

Послѣдовательный контрастъ объясняется утомленіемъ сѣтчатки. Я смотрю на красный цвѣтъ, затѣмъ перевожу глазъ на бѣлый цвѣтъ и вижу зеленый цвѣтъ. Сѣтчатка послѣ длительнаго разсматриванія краснаго цвѣта такъ функціонируетъ, что красноощущающія волокна какъ будто не существуютъ; на сѣтчаткѣ функціонируютъ зеленоощущающія волокна. Если я послѣ этого смотрю на зеленый цвѣтъ, онъ кажется болѣе

рѣзкимъ, потому что глазъ предрасположенъ видѣть зеленый цвѣтъ.

Такъ какъ одновременный контрастъ проявляется въ самыхъ различныхъ видахъ, то для объясненія его Гельмгольцъ предлагаетъ три разныхъ принципа или, вѣрнѣе сказать, три разныхъ момента.

Отчего, если мы разсматриваемъ рядомъ другъ съ другомъ лежащіе красный цвѣтъ и зеленый, они усиливаютъ другъ друга? Это, по Гельмгольцу, объясняется общимъ закономъ воспріятія. Если какое-нибудь различіе воспринимается нами отчетливо, то оно кажется больше, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда оно нами воспринимается неотчетливо, или когда мы о немъ судимъ по воспоминанію. Если рядомъ съ человѣкомъ средняго роста стоитъ человѣкъ высокаго роста, то онъ кажется ниже, и наоборотъ: если рядомъ съ нимъ стоитъ человѣкъ небольшого роста, онъ будетъ казаться выше. Происходитъ это вслѣдствіе того, что, когда рядомъ стоятъ два человѣка различнаго роста, мы яснѣе познаемъ различіе между ростомъ одного и другого, и потому они расходятся больше. Это объясненіе можно примѣнить къ цвѣтамъ. Такъ какъ зеленый цвѣтъ и красный суть цвѣта противоположные, то при сопоставленіи ихъ рядомъ зеленый цвѣтъ кажется зеленѣе, красный — краснѣе, вслѣдствіе того, что при сопоставленіи ихъ различіе особенно отчетливо отмѣчается. Такъ Гельмгольцъ объясняетъ контрастъ цвѣтовъ вообще.

Контрастъ при явленіяхъ цвѣтныхъ тѣней Гельмгольцъ объясняетъ слѣдующимъ образомъ. У насъ есть привычка видѣть бѣлый цвѣтъ бѣлымъ, хотя бы онъ на самомъ дѣлѣ отличался отъ собственно бѣлаго цвѣта. Мы видимъ, напр., скатерть бѣлаго цвѣта бѣлой, хотя въ силу окружающихъ обстоятельствъ она можетъ измѣнить цвѣтъ. Если горитъ свѣча или керосиновая лампа, или если освѣщаетъ лунный свѣтъ, цвѣтъ скатерти будетъ различенъ, потому что различны лучи свѣта, которыми она освѣщается, но тѣмъ не менѣе мы всегда видимъ скатерть бѣлой. Если мы разсматриваемъ вещи въ то время, когда дѣйствующій свѣтъ имѣетъ нѣкоторое количество

красныхъ лучей, то въ силу того, что мы стараемся бѣлый цвѣтъ видѣть бѣлымъ при всѣхъ условіяхъ, мы отбрасываемъ красные лучи и видимъ бѣловато-красное, какъ бѣлое, потому что такова привычка. Сдѣлавъ это по отношенію къ окружающей обстановкѣ, мы начинаемъ дѣлать то же самое по отношенію къ другимъ бѣлымъ цвѣтамъ. Если есть тѣнь, освѣщенная бѣлымъ свѣтомъ, то мы вычитаемъ, отбрасываемъ красный цвѣтъ и получаемъ нѣчто, въ чемъ преобладаютъ зеленые лучи. Бѣлый цвѣтъ не кажется бѣлымъ, но долженъ быть такимъ, какъ если бы въ немъ отсутствовало нѣкоторое количество краснаго, т.-е. онъ долженъ казаться зеленымъ. Когда есть сѣрая тѣнь, то мы видимъ сѣрое такъ, какъ если бы красныхъ лучей не было, а преобладали бы зеленые лучи. Такимъ образомъ, явленія контраста въ случаѣ цвѣтныхъ тѣней объясняются изъ привычекъ зрѣнія: бѣлый цвѣтъ мы стараемся видѣть бѣлымъ всегда, а разъ сдѣлали это по отношенію къ какому-нибудь бѣлому цвѣту, дѣлаемъ уже по отношенію ко всякому бѣлому цвѣту.

Контрасты въ Мейеровскомъ опытѣ Гельмгольцъ объясняетъ слѣд. образомъ. Когда мы смотримъ на зеленую поверхность, на которую положена полоска сѣраго цвѣта, то она кажется намъ розоватой. Это происходитъ оттого, что, когда глазъ смотритъ на зеленую поверхность, то сознанію кажется невѣроятнымъ, чтобы въ томъ мѣстѣ, на которомъ находится красная полоска, зеленый цвѣтъ прерывался. Вслѣдствіе этого глазъ видитъ въ этомъ мѣстѣ зеленый цвѣтъ. Этотъ зеленый цвѣтъ представляется глазу, какъ какая-то просвѣчивающая зеленая пелена, покрышка (Гельмгольцъ употреблялъ выраженіе: als eine farbige durchscheinende Decke). Отчего же мы видимъ красный цвѣтъ? На глазъ объективно дѣйствуетъ сѣрый цвѣтъ, т.-е. зеленые и красные лучи. Слѣдовательно, остается допустить, что пробивающійся сквозь зеленую пелену цвѣтъ есть красный. Сознаніе дѣлаетъ такое допущеніе, и поэтому глазъ видитъ дополнительный цвѣтъ. Такъ объясняетъ Гельмгольцъ видѣніе дополнительнаго цвѣта въ Мейеровскомъ опытѣ и въ опытѣ Рагона Шина. Въ этомъ послѣднемъ опытѣ мы видимъ

черный квадратикъ зеленымъ оттого, что видимъ стекло, имѣющее красный цвѣтъ, а сквозь красный пробивается зеленый. Оба они вмѣстѣ составляютъ сѣрый цвѣтъ.

Таково объясненіе Гельмгольца, имѣющее психологическій характеръ. По его объясненію, объектъ ощущенія остается неизмѣннымъ, а въ силу психологическихъ причинъ ощущеніе видоизмѣняется.

Герингъ въ объясненіи явленій контраста сталъ на противоположную точку зрѣнія—физіологическую. По его мнѣнію, явленія одновременнаго контраста находятся въ зависимости отъ взаимодѣйствія возбуждаемыхъ мѣстъ сѣтчатки. Положимъ, я смотрю на бѣлую поверхность, на которой находится небольшой красный квадратикъ. Спрашивается, будетъ ли мѣсто сѣтчатки, возбуждаемое бѣлымъ цвѣтомъ разсматриваемой поверхности, затрагиваться возбужденіемъ краснаго квадрата или нѣтъ? По мнѣнію Геринга, если красный цвѣтъ квадратика дѣйствуетъ на сѣтчатку, то сосѣднее мѣсто не можетъ остаться безъ воздѣйствія; красные лучи оказываютъ вліяніе и на него. Такое мѣсто должно утомляться; разъ оно утомилось, то дѣло все начинаетъ обстоять такимъ образомъ, какъ будто въ лучахъ, исходящихъ отъ бѣлой поверхности, красныхъ лучей нѣтъ, какъ будто дѣйствуютъ только зеленые лучи. Это мѣсто сѣтчатки начинаетъ на бѣлый цвѣтъ реагировать такъ, какъ если бы на него дѣйствовали зеленые лучи. Вслѣдствіе этого мы это мѣсто начинаемъ видѣть окрашеннымъ въ зеленый цвѣтъ. Такимъ образомъ, раздраженіе оказываетъ воздѣйствіе не только на мѣсто возбужденія, но и на окружающія мѣста. Если вообще допустить вліяніе возбуждаемыхъ частей сѣтчатки на сосѣднія, то объясненіе контраста приметъ характеръ чисто физіологическій, въ отличіе отъ психологическаго, которое, какъ мы видѣли, давалъ Гельмгольцъ.

Герингъ произвелъ опыты, чтобы доказать неправильность теоріи Гельмгольца.

Онъ произвелъ опытъ Рагона-Шина, нѣсколько видоизмѣнивъ его. По мнѣнію Гельмгольца, когда мы смотримъ въ

аппаратъ, мы видимъ красное стекло, а изъ-за краснаго пробивается зеленый. Герингъ ставитъ опытъ такъ, чтобы субъектъ совсѣмъ не видѣлъ краснаго стекла. Для этой цѣли онъ помѣщаетъ стекло въ ящикѣ, который закрывается со всѣхъ сторонъ (см. рис. 42); отверстіе для смотрѣнія сверху дѣлается небольшимъ, такъ что не видно, что подъ извѣстнымъ угломъ находится красное стекло. Именно, верхнее отверстіе ящика закрывается картономъ съ небольшимъ отверстіемъ. Субъектъ смотритъ въ отверстіе, не видитъ краснаго стекла, тѣмъ не менѣе результатъ получается тотъ же самый. Но разъ онъ видитъ дополнительный цвѣтъ, не видя стекла, то объясненіе Гельмгольца нужно считать несостоятельнымъ. Но можетъ быть, все-таки можно думать, что въ опытѣ Рагона-Шина мы видѣли сначала красный цвѣтъ, потомъ, уже вслѣдствіе послѣдовательнаго контраста, видѣли зеленый. Герингъ видоизмѣнилъ опытъ такъ что и то и другое становится видимымъ одновременно. Закрывается передняя сторона ящика, благодаря чему нѣтъ возможности видѣть красный цвѣтъ. Затѣмъ она быстро открывается, и испытуемый видитъ контрастъ, который возникаетъ не послѣдовательно, а одновременно.

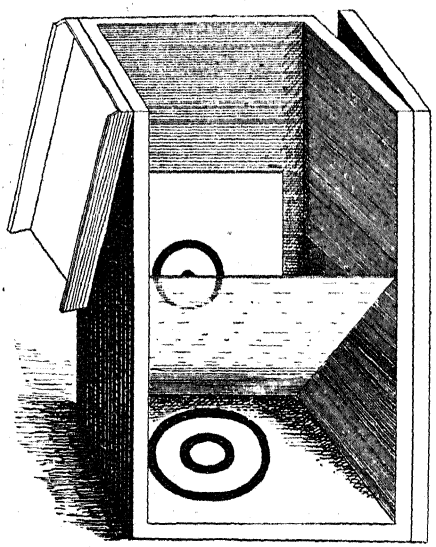


Рис. 42.

Герингъ далѣе видоизмѣнилъ опытъ Мейера такъ, что объясненія Гельмгольца оказываются и здѣсь несостоятельными. По Гельмгольцу, мы видимъ сѣрую полоску на красномъ фонѣ зеленой оттого, что красный фонъ кажется намъ непрерывнымъ. Въ этомъ случаѣ важно то, что красный фонъ занимаетъ значительно большую площадь, чѣмъ сѣрая полоска. Но если взять рядъ полосокъ краснаго цвѣта, перемежаю-

щихся съ полосками сѣраго цвѣта такой же ширины, то и при такихъ условіяхъ, вопреки теоріи Гельмгольца, сѣрая полоска будетъ казаться въ дополнительномъ цвѣтѣ.

Герингъ, далѣе, произвелъ экспериментъ, который также опровергаетъ объясненіе Гельмгольца. Если мы передъ правымъ глазомъ поставимъ красное стекло, а передъ лѣвымъ синее и будемъ смотрѣть на бѣлую стѣну, то бѣлая стѣна въ такомъ случаѣ вслѣдствіе бинокулярнаго смѣшенія цвѣтовъ будетъ казаться фіолетовой. Каждымъ глазомъ въ отдѣльности мы видимъ различные цвѣта: правымъ глазомъ — красный, а лѣвымъ — синій. Если на стѣнѣ мы помѣстимъ черную полоску, то она покажется намъ въ дополнительномъ къ фіолетовому, т.-е. желтаго цвѣта. По Гельмгольцу, здѣсь дѣйствуютъ психическія причины: въ сознаніи есть фіолетовый цвѣтъ; благодаря его воздѣйствію, мы видимъ дополнительный желтый цвѣтъ. Но видоизмѣнимъ опытъ такъ, чтобы каждый глазъ видѣлъ въ отдѣльности (рис. 43). Этого можно достигнуть, если мы, смотря на отдаленную полоску d, будемъ фиксировать ближе находящуюся точку c, тогда полоска d покажется вдвойнѣ: одинъ глазъ будетъ имѣть изображеніе d_1, другой d_{11}, при чемъ оба изображенія будутъ проицироваться на плоскости стѣны. Задній фонъ — фіолетовый. По теоріи Гельмгольца, обѣ точки должны быть видимы желтыми, по теоріи же Геринга, должно быть иначе. Именно, въ правой сѣтчаткѣ у насъ имѣется красный цвѣтъ, въ лѣвой — синій; значитъ, лѣвымъ глазомъ мы увидимъ дополнительный желтый, а правымъ — дополнительный зеленый. Хотя задній фонъ фіолетовый, но мы видимъ образы не въ одномъ

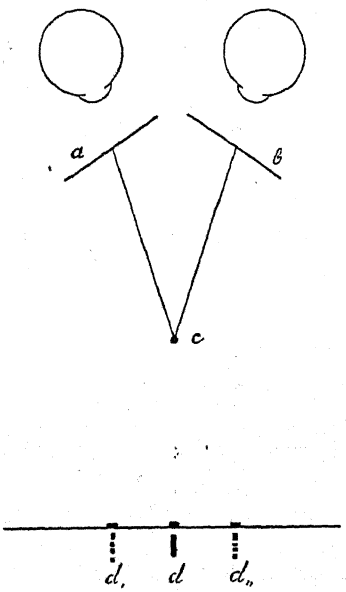


Рис. 43.

цвѣтѣ, какъ должно быть по психологической теоріи, а въ двухъ цвѣтахъ. Такимъ образомъ, опредѣляющимъ является не цвѣтъ основанія, который мы видимъ, но свойство тѣхъ цвѣтовъ, которые дѣйствуютъ на сѣтчатку каждаго глаза. Такъ собственно и оказывается на самомъ дѣлѣ. Этотъ опытъ можно произвести также при помощи особаго прибора, который устроилъ Герингъ (см. рис. 44) [1]. Черезъ красное стекло *a* и синее *b* смотримъ на черную полоску *d*, наклеен-

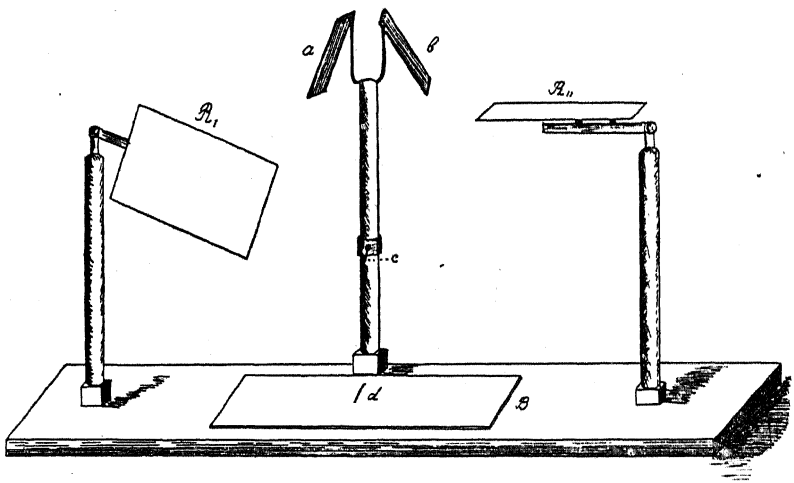


Рис. 44.

ную на молочномъ стеклѣ, находящемся на подставкѣ *B*. Если смотрѣть на молочное стекло обоими глазами черезъ цвѣтныя стекла *a* и *b*, то произойдетъ бинокулярное смѣшеніе цвѣтовъ, и стекло покажется окрашеннымъ въ фіолетовый цвѣтъ, а сѣрая полоска вслѣдствіе контраста покажется въ дополнительномъ къ нему—желто-зеленомъ цвѣтѣ. Если же мы будемъ фиксировать палочку *c*, находящуюся между полоской *d* и глазами, то изображеніе *d* расщепляется надвое, и мы увидимъ правымъ глазомъ желтую полоску, а лѣвымъ глазомъ—зеленую, что, какъ мы видѣли, противорѣчитъ теоріи Гельмгольца.

[1]) Подробное описаніе этого прибора см. Zeitschrift für Psychologie. B. I. H. 1, стр. 18–28.

Слѣдуетъ обратить вниманіе еще на одно приспособленіе въ аппаратѣ Геринга. R_1 и R_{II} представляютъ бѣлыя пластинки, отражающія свѣтъ отъ окна. Онѣ могутъ быть приводимы въ движеніе во всѣ стороны и могутъ примѣшивать бѣлый цвѣтъ къ цвѣту стеколъ, и такимъ образомъ контрастъ можно дѣлать сильнѣе. Съ этой же цѣлью приводятся въ движеніе и цвѣтныя стекла.

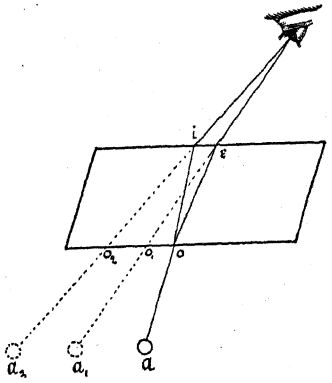


Рис. 45.

Герингъ произвелъ еще одинъ экспериментъ, который также опровергаетъ теорію Гельмгольца. Онъ, именно, воспользовался двоякопреломляющей призмой, съ помощью которой можно смѣшивать цвѣта въ силу слѣдующаго принципа.

Представимъ себѣ призму въ разрѣзѣ (см. рис. 45). Пусть въ точкѣ a находится точка желтаго цвѣта. Въ силу свойствъ двоякопреломляющей призмы лучъ ao выйдетъ изъ призмы въ видѣ двухъ лучей i и e. Глазъ, находящійся въ мѣстѣ, обозначенномъ на рисункѣ, увидитъ два изображенія a_1 и a_2. Если позади точекъ a_1 и a_2 находится синій цвѣтъ, то желтый и синій цвѣта будутъ смѣшаны.

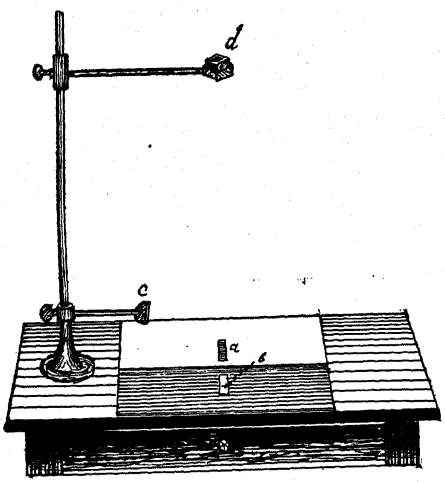


Рис. 46.

Опытъ ставится такимъ образомъ (см. рис. 46). Беремъ пластинку синяго цвѣта, на которой есть узкая полоска b (около 5 мм. ширины и 4 сант. длины) желтаго цвѣта, и пластинку желтаго цвѣта съ синей полоской a. Эти полоски должны лежать на одной прямой, перпендикулярной къ общему

краю листовъ на разстояніи отъ того края около 5 мм. Затѣмъ надъ ними устанавливается на стойкѣ двупреломляющая призма d на высотѣ 30—50 сант. такъ, чтобы полоски давали двойное изображеніе. Тогда на каждой пластинкѣ получится по 2 полоски, которыя представляютъ собою смѣсь цвѣта пластинки съ цвѣтомъ полоски въ равныхъ количествахъ. Несмотря на то, что цвѣтъ каждой изъ четырехъ полосокъ получается отъ смѣшенія одинаковыхъ компонентовъ, обѣ пары полосокъ отличаются другъ отъ друга по цвѣту. Это происходитъ, благодаря контрастному дѣйствію пластинокъ, на которыхъ онѣ лежатъ.

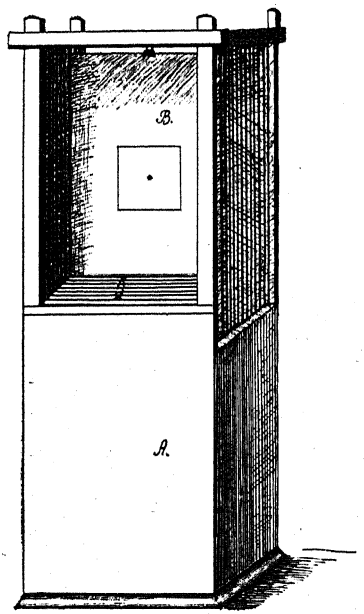


Рис. 47.

По мнѣнію Гельмгольца, какъ мы видѣли, контрастъ наступаетъ въ томъ случаѣ, когда индуцирующее поле кажется намъ какъ бы тѣлеснымъ. Герингъ ставитъ опытъ такимъ образомъ, чтобы индуцирующее поле не казалось тѣлеснымъ. Именно, вмѣсто того, чтобы наклеивать полоски a и b на листы, онъ подвѣшиваетъ ихъ надъ послѣдними на высотѣ нѣсколькихъ сантиметровъ на стеклѣ, которое вставляется въ зажимъ c. Если теперь будемъ разсматривать полоски, то онѣ покажутся находящимися въ воздухѣ и тѣмъ не менѣе опять видимы въ дополнительномъ цвѣтѣ. Этимъ опровергается теорія Гельмгольца.

Задача 13. Послѣдовательныя отрицательныя изображенія. Эксперименты можно произвести при помощи прибора (рис. 47), состоящаго изъ ящика A съ возвышающейся надъ нимъ рамкой B. Къ этой рамѣ при помощи зажима прикрѣпляется картонъ, на которомъ изображенъ квадратъ какого-нибудь цвѣта. Позади этого картона при помощи второго зажима помѣщается экранъ свѣтло-сѣраго цвѣта.

Экспериментъ производится слѣдующимъ образомъ. Испытуемый

въ теченіе 10 секундъ внимательно фиксируетъ, напр., красный квадратикъ (вѣрнѣе бѣлую точку, находящуюся въ серединѣ квадратика). Затѣмъ экспериментаторъ ослабляетъ зажимъ *c*, и картонъ быстро падаетъ въ ящикъ. На открывшемся сѣромъ фонѣ испытуемый видитъ зеленый квадратикъ. Можно получить отрицательныя изображенія послѣ разсматриванія: 1) бѣлаго квадратика на черномъ фонѣ; 2) сѣраго квадратика на бѣломъ фонѣ; 3) цвѣтныхъ квадратиковъ на безцвѣтномъ фонѣ, или 4) на фонѣ дополнительнаго цвѣта. Всѣ эти эксперименты слѣдуетъ продѣлать. Послѣ каждаго эксперимента испытуемый записываетъ результаты экспериментовъ.

Задача 14. Послѣдовательныя отрицательныя изображенія съ проицированіемъ на различныя плоскости.

Этотъ экспериментъ является видоизмѣненіемъ предыдущаго. Испытуемый въ теченіе 10 секундъ фиксируетъ цвѣтной квадратикъ на томъ же самомъ приборѣ, что и въ первой задачѣ. Но послѣ того, какъ экспериментаторъ быстро удалятъ квадратъ, испытуемый переводитъ взоръ не на сѣрый картонъ, находящійся позади, а 1) на отдаленный сѣрый фонъ и видитъ квадратъ дополнительнаго цвѣта, но значительно увеличенный въ размѣрахъ; 2) на бѣлый листъ тетради, которую держитъ въ рукахъ, и видитъ тотъ же квадратъ въ значительно уменьшенномъ размѣрѣ, наконецъ, 3) онъ можетъ переносить взоръ на плоскость, не перпендикулярную къ оси зрѣнія (какъ это было въ первыхъ двухъ случаяхъ), а на плоскость, помѣщенную подъ угломъ. Въ этомъ случаѣ послѣдовательное изображеніе квадрата деформируется.

Всѣ происходящія измѣненія испытуемый заноситъ въ протоколъ.

Задача 15. Измѣрить контрастъ. Измѣреніе контраста состоитъ въ уравниваніи цвѣта индуцированнаго. На какомъ-либо фонѣ (красномъ, зеленомъ, синемъ) накладывается кольцо сѣраго цвѣта (получающееся отъ смѣшенія бѣлаго и сѣраго). На ось вертушки накладывается сначала большой дискъ, напр., красный, затѣмъ нѣсколько меньшіе, черный и бѣлый и, наконецъ, еще меньшій—красный; тогда при вращеніи мы получимъ сѣрое кольцо на красномъ фонѣ. Это кольцо вслѣдствіе контраста кажется зеленоватымъ. Дополнительный цвѣтъ уравнивается на другомъ дискѣ примѣсью бѣлаго и чернаго къ дополнительному. Затѣмъ слѣдуетъ уменьшать насыщенность индуцирующаго цвѣта, какъ указано въ текстѣ, и измѣрить контрастъ.

Задача 16. Опытъ Рагона-Шина. Опытъ Майера.

Задача 17. Опытъ Рагона-Шина, видоизмѣненный Герингомъ.

Задача 18. Опытъ Геринга съ бинокулярнымъ контрастомъ.

Задача 19. Опытъ Геринга съ двоякопреломляющей призмой.

Литература.

Bernstein. Die fünf Sinne des Menschen, 1889.

Сѣченовъ. Физіологическіе очерки, часть 2-я. Спб. 1898.

Макъ Кендрикъ и Снодграсъ. Физіологія органовъ чувствъ. М. 1900.

Тигерстедъ. Учебникъ физіологіи человѣка. II. 1901. Т. 1-й.

Ландуа. Учебникъ физіологіи человѣка.

Ebbinghaus. Grundzüge der Psychologie. Erster Band. Lpz. 1905.

Эббингаузъ. Очерки психологіи. II. 1911.

Wundt. Grundzüge der physiologischen Psychologie. Zweiter Band. 1910.

Фикъ. Діоптрика. Придаточные аппараты глаза и ученіе о свѣтовомъ ощущеніи,

Кюне. Химическіе процессы въ сѣтчатой оболочкѣ. (Объ статьи находятся въ Руководствѣ физіологіи Германна. Спб. 1887.)

Nagel. Methoden zur Erforschung des Licht und Farbensinnes въ „Handbuch der physiologischen Methodik" herausg. von Tigerstedt. Dritter Band. 2. Abtheilung. Lpz. 1909.

Nagel. Handbuch der Physiologie des Menschen. Dritter Band. 1905.

Tscherning. Optique physiologique. Paris. 1896.

Helmholtz. Handbuch der physiologischen Optik. 2-ое изд. 1896, (имѣется подробное указаніе литературы).

Kries. Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse. Lpz. 1882.

Hering. Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn. Lpz. 1905.

Krarup. Physisch-ophthalmologische Grenzprobleme. Lpz. 1906.

Titchener. Experimental Psychology (A Manual of Laboratory Practice). New York. (Qualitative experiments Part I. Students Manual. 1901. Part II. Instructors Manual. 1905).

ГЛАВА VIII.

Слуховыя ощущенія.

Среди звуковъ нужно отдѣлять музыкальные тоны отъ шумовъ. Музыкальные тоны отличаются отъ шумовъ тѣмъ, что, имѣя опредѣленную высоту, могутъ быть приведены въ систему. Что касается шумовъ, то они такъ разнообразны, что подчинить ихъ какой-либо системѣ невозможно. Впрочемъ, это положеніе должно быть принято съ нѣкоторымъ ограниченіемъ. Въ извѣстномъ смыслѣ шумы такъ же могутъ имѣть высоту, какъ и музыкальные тоны. Если взять дощечки одинаковой длины, но различной толщины, то при ихъ помощи можно произвести экспериментъ, доказывающій, что отъ шума къ музыкальному тону есть нѣкоторый переходъ. Именно, при паденіи на полъ онѣ будутъ издавать тоны различной высоты [1]). Толщину этихъ дощечекъ можно такъ подобрать, что звуки отъ ихъ послѣдовательнаго паденія въ равные промежутки времени на полъ составятъ музыкальную гамму.

Что касается музыкальныхъ тоновъ, то они представляютъ, какъ принято выражаться, многообразіе одного измѣренія: они измѣняются по высотѣ непрерывно въ одномъ измѣреніи. Какъ извѣстно, изъ этой непрерывной системы звуковъ взяты нѣкоторые тоны, которые находятся другъ къ другу въ опредѣленномъ отношеніи. Почему взяты тоны, находящіеся именно въ этомъ отношеніи, рѣшить очень трудно, но взятые тоны составляютъ строго опредѣленную систему.

---

[1]) Въ дѣйствительности отдѣльный стукъ содержитъ тонъ, но онъ звучитъ такъ недолго, что остается незамѣтнымъ.

Эти тоны, числомъ семь, уже давно существуютъ въ музыкѣ и носятъ опредѣленныя названія. Въ Россіи приняты тѣ названія, которыя приняты въ итальянской музыкѣ, именно: *do*, (или *ut*), *re*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, *si*, *do*. Что эти семь тоновъ находятся въ опредѣленномъ отношеніи другъ къ другу, физически выражается слѣдующимъ образомъ. Каждому тону соотвѣтствуетъ опредѣленное количество воздушныхъ колебаній, и отношеніе числа колебаній двухъ тоновъ тоже является вполнѣ опредѣленнымъ. (Слѣдуетъ, впрочемъ, замѣтить, что эти основные тоны были приняты задолго до того, какъ физика опредѣлила отношеніе между числомъ колебаній). Система тоновъ иначе еще обозначается *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *a*, *h*. Рядъ тоновъ, отъ *c* до слѣдующаго *c*, находящихся въ опредѣленномъ отношеніи другъ къ другу, составляютъ октаву. Такихъ октавъ въ современной музыкальной системѣ насчитывается восемь [1]). Количество колебаній каждаго тона въ одной октавѣ будетъ въ два раза меньше количества колебаній того же тона въ слѣдующей октавѣ. Такъ, если мы беремъ въ первой октавѣ тонъ *do*, то этотъ же тонъ во второй октавѣ отличается отъ тона *do* первой октавы тѣмъ, что созидается двойнымъ количествомъ колебаній. Въ третьей октавѣ этотъ тонъ отличается отъ того же тона второй октавы тѣмъ, что созидается опять-таки двойнымъ количествомъ колебаній. Это справедливо по отношенію ко всякому другому тону. Октавы имѣютъ опредѣленныя названія, субконтръ октава, контръоктава, большая октава, малая октава, первая октава, вторая, третья, четвертая и *c* пятой октавы.

Каждая октава состоитъ изъ семи тоновъ, но между однимъ и другимъ тономъ вставлены еще нѣкоторые тоны; это, именно, полутоны: бемоли и діезы, изъ которыхъ каждый находится въ опредѣленномъ отношеніи къ числу колебаній сосѣдняго тона, такъ, напр.: если *fa* контръоктавы имѣетъ 44 колебанія, то *fa* діезъ имѣетъ $44 \times \frac{25}{24} = 45{,}83$. Если *si* той же октавы имѣетъ 49,5 колебанія, то *si* бемоль имѣетъ $49{,}5 \times \times \frac{24}{25} = 47{,}52$. Полная октава состоитъ изъ семи тоновъ плюсъ

[1]) и тонъ *c* девятой. Органъ имѣетъ 9 октавъ.

семь діезовъ и семь бемолей — всего изъ двадцати одного тона.

Такимъ образомъ, число тоновъ, принимая во вниманіе бемоли и діезы, очень велико. Если бы при устройствѣ музыкальныхъ инструментовъ хотѣли дать мѣсто всѣмъ этимъ тонамъ, то пришлось бы имѣть слишкомъ много струнъ и клавишей. Поэтому рѣшили устроить систему, погрѣшивъ немного противъ точности: принявъ, что бемоль и діезъ одно и то же, сократили количество тоновъ. Получилась такимъ образомъ двоякая система тоновъ, или двоякій строй. Именно, одинъ натуральный, полный, такъ наз. чистый строй, который мы имѣемъ въ физикѣ и такихъ инструментахъ, гдѣ мы созидаемъ тотъ или другой тонъ, напр., въ скрипкѣ. Другой строй мы имѣемъ тамъ, гдѣ созиданіе тоновъ уже заранѣе опредѣлено устройствомъ самого инструмента, напр., въ органѣ, въ фортепіано. Этотъ строй называется темперированнымъ.

Музыкальные тоны могутъ быть приведены въ систему только въ томъ случаѣ, если они имѣютъ точное количество колебаній. Для достиженія этого условились исходить отъ какого-нибудь одного тона, которому придаютъ опредѣленное количество колебаній. Обыкновенно берутъ *la* первой октавы (см. табл. 3). Тогда вслѣдствіе того, что между числомъ колебаній отдѣльныхъ тоновъ существуетъ постоянное отношеніе, и другіе тоны могутъ быть обозначены опредѣленнымъ количествомъ колебаній.

Какое же количество колебаній придаютъ тону *la* первой октавы?

Изъ исторіи музыки знаемъ, что въ XVII в. придавали 404 колебанія.

Въ концѣ XVIII в.	придавали	410	колебаній.
въ началѣ XIX »	»	420	»
въ срединѣ	»	430	»
теперь	»	435	»
иногда	»	440	»

У насъ въ Россіи тонъ *la* имѣетъ 435 колебаній, и въ «Палатѣ мѣръ и вѣсовъ» нормальный камертонъ имѣетъ 435 колебаній.

Если взять это количество колебаній 435 (иногда берутъ

440 и 445), то можно высчитать число колебаній, которое приходится на долю каждаго тона.

Отношеніе между числомъ колебаній отдѣльныхъ тоновъ будетъ слѣдующее. Если *do* основное обозначимъ черезъ 1, то число колебаній для *re* выразится отношеніемъ 9/8, *mi*—5/4, *fa*—4/3, *sol*—3/2, *la*—5/3, *si*—15/8, *do*—2. Изъ этого ясно, что, исходя изъ *la*, можно опредѣлить число колебаній всѣхъ остальныхъ тоновъ. Часто важно знать, какой строй въ данномъ инструментѣ — чистый или темперированный. Для опредѣленія этого могутъ быть очень полезны таблицы, составленныя Штумпфомъ въ Берлинской психологической лабораторіи. Таблицы высчитаны при 430, 435, 440 колебаніяхъ *la*, при всѣхъ строяхъ, и чистомъ и темперированномъ. Если мы имѣемъ какой-либо приборъ, напр., трубу, камертонъ и т. п. и знаемъ количество производимыхъ имъ колебаній, то, воспользовавшись указанной таблицей, мы можемъ опредѣлить, къ какой системѣ онъ принадлежитъ (см. табл. 3).

Между отдѣльными тонами можно отмѣтить слѣдующее отношеніе. Если я возьму тонъ *do* какой-нибудь октавы и стану измѣнять его непрерывнымъ увеличеніемъ числа колебаній, то когда дойду до пункта, имѣющаго двойное количество колебаній, тотчасъ же первое и второе *do* дадутъ такое сочетаніе, которое для сознанія представляетъ какую-то своеобразную особенность. Оба тона кажутся настолько похожими, что для непривычнаго уха сливаются въ одинъ. Подобныя созвучія двухъ тоновъ могутъ быть получены и при другихъ отношеніяхъ числа колебаній. Они называются интервалами. Въ музыкѣ приняты слѣдующіе интервалы въ предѣлахъ одной октавы. Если n будетъ количество колебаній одного тона, а n_1—количество колебаній другого тона, то:

1. $\frac{n}{n_1} = 1$ есть унисонъ
2. $\frac{n}{n_1} = 9/8$ „ секунда
3. $\frac{n}{n_1} = 5/4$ „ терція

Таблица 3.

		Темперир. строй $a^1 = 440$.	Чистый строй $a^1 = 440$.	Другія обозначенія.		
Контръ-октава.	ut_{-1}	32,70	33	C_1	$\overline{C}$	c^{-2}
	re_{-1}	36,71	37,13	D_1	$\overline{D}$	d^{-2}
	mi_{-1}	41,20	41,25	E_1	$\overline{E}$	e^{-2}
	fa_{-1}	43,65	44	F_1	$\overline{F}$	f^{-2}
	sol'_{-1}	49	49,5	G_1	$\overline{G}$	g^{-2}
	la_{-1}	55	55	A_1	$\overline{A}$	a^{-2}
	si_{-1}	61,74	61,88	H_1	$\overline{H}$	h^{-2}
Большая октава.	ut_1	65,41	66	C	$\overline{C}$	c^{-1}
	re_1	73,42	74,25	D	D	d^{-1}
	mi_1	82,41	82,5	E	E	e^{-1}
	fa_1	87,31	88	F	F	f^{-1}
	sol'_1	98	99	G	G	g^{-1}
	la_1	110	110	A	A	a^{-1}
	si_1	123,47	123,75	H	H	h^{-1}
Малая октава.	ut_2	130,81	132	c	c	c^0
	re_2	146,83	148,5	d	d	d^0
	mi_2	164,81	165	e	e	e^0
	fa_2	174,61	176	f	f	f^0
	sol_2	196	198	g	g	g^0
	la_2	220	220	a	a	a^0
	si_2	246,94	247,5	h	h	h^0
Первая октава.	ut_3	261,63	264	c'	$\overline{c}$	c^1
	re_3	293,66	297	d'	$\overline{d}$	d^1
	mi_3	329,63	330	e'	$\overline{e}$	e^1
	fa_3	349,23	352	f'	$\overline{f}$	f^1
	so'_3	392	396	g'	$\overline{g}$	g^1
	la_3	440	440	a'	$\overline{a}$	a^1
	si_3	493,88	495	h'	$\overline{h}$	h^1
Вторая октава.	ut'_4	523,25	528	c''	$\overline{\overline{c}}$	c^2
	re_4	587,33	594	d''	$\overline{\overline{d}}$	d^2
	mi'_4	659,26	660	e''	$\overline{\overline{e}}$	e^2
	fa_4	698,46	704	f''	$\overline{\overline{f}}$	f^2
	sol_4	783,99	792	g''	$\overline{\overline{g}}$	g^2
	la_4	880	880	a''	$\overline{\overline{a}}$	a^2
	si_4	987,77	990	h''	$\overline{\overline{h}}$	h^2
Третья октава.	ut_5	1046,50	1056	c'''	$\overline{\overline{\overline{c}}}$	c^3
	re_5	1174,66	1188	d'''	$\overline{\overline{\overline{d}}}$	d^3
	mi_5	1318,51	1320	e'''	$\overline{\overline{\overline{e}}}$	e^3
	fa_5	1369,91	1408	f'''	$\overline{\overline{\overline{f}}}$	f^3
	so'_5	1567,98	1584	g'''	$\overline{\overline{\overline{g}}}$	g^3
	l_5	1760	1760	a'''	$\overline{\overline{\overline{a}}}$	a^3
	si_5	1975,53	1980	h'''	$\overline{\overline{\overline{h}}}$	h^3
Четвертая октава.	ut_6	2093	2112	c''''	$\overline{\overline{\overline{\overline{c}}}}$	c^4
	re_6	2349,32	2376	d''''	$\overline{\overline{\overline{\overline{d}}}}$	d^4
	mi_6	2637,02	2640	e''''	$\overline{\overline{\overline{\overline{e}}}}$	e^4
	fa_6	2793,83	2816	f''''	$\overline{\overline{\overline{\overline{f}}}}$	f^4
	sol_6	3135,96	3168	g''''	$\overline{\overline{\overline{\overline{g}}}}$	g^4
	la_6	3520	3520	a''''	$\overline{\overline{\overline{\overline{a}}}}$	a^4
	si_6	3951,07	3960	h''''	$\overline{\overline{\overline{\overline{h}}}}$	h^4

4. $\frac{n}{n_1} = 4/3$ „ кварта

5. $\frac{n}{n_1} = 3/2$ „ квинта

6. $\frac{n}{n_1} = 5/3$ „ секста

7. $\frac{n}{n_1} = 15/8$ „ септима

8. $\frac{n}{n_1} = 2/1$ „ октава.

Сочетанія могутъ быть не только изъ двухъ тоновъ, но изъ трехъ, четырехъ и т. д. Въ этомъ случаѣ получаются сложныя соединенія, которыя называются аккордами.

Если одинъ и тотъ же тонъ получается на разныхъ приборахъ, то, хотя онъ будетъ одной и той же высоты, но будетъ отличаться особымъ качествомъ, которое называется тембромъ. Если я произведу на какомъ-нибудь струнномъ инструментѣ тонъ $c^1 = 264$ колебаніямъ, такой же тонъ произведу при помощи камертона и обертоннаго аппарата, то, хотя они и будутъ имѣть одну и ту же высоту, но между ними будетъ замѣтное различіе. Весьма важно опредѣлить, что за различіе, и отчего оно происходитъ.

Изъ физики извѣстно, что, когда струна колеблется, то она колеблется не только цѣлой частью, но, дѣлясь на двѣ, на три и т. д. части, колеблется каждой отдѣльной частью. Вслѣдствіе этого получаются волны двойного, тройного и т. д. числа колебаній, которыя производятъ добавочные тоны. То же самое происходитъ съ каждой звучащей пластинкой. Когда звучитъ струна или пластинка, то получается одинъ тонъ, который соотвѣтствуетъ количеству колебаній цѣлой струны или пластинки и называется основнымъ тономъ, и рядъ добавочныхъ тоновъ, который вызывается звучаніемъ частей струны или пластинки. Эти добавочные тоны называются обертонами или парціальными тонами. Любой тонъ, производимый музыкальнымъ инструментомъ, сопровождается большимъ числомъ различныхъ обертоновъ, которые не такъ ясны,

чтобы мы ихъ могли отличить или выдѣлить, но которые, однако, могутъ придать особенность основному тону, отличающую его отъ другого тона той же высоты. Эта особенность тона, происходящая вслѣдствіе того, что къ нему прибавляется извѣстное количество парціальныхъ тоновъ, называется тембромъ. Человѣческій голосъ обладаетъ большимъ количествомъ обертоновъ. Нѣкоторые приборы даютъ почти чистые тоны, т.-е. свободные отъ обертоновъ, напр., камертоны.

Въ области сочетанія тоновъ представляетъ большой интересъ явленіе, которое называется біеніемъ, толчкомъ (Schwebung, battement). Послѣднее названіе будетъ болѣе правильнымъ. Дѣйствительно, въ случаѣ интерференціи получается нѣчто въ родѣ толчка. Если мы возьмемъ два тона, которые мало отличаются другъ отъ друга по высотѣ, то ихъ одновременное дѣйствіе вызоветъ біеніе. Возьмемъ два камертона, издающихъ одинъ и тотъ же тонъ $la = 435$ колебаніямъ. Если мы заставимъ ихъ звучать одновременно, то они дадутъ унисонъ, т.-е. получится тонъ, только нѣсколько болѣе сильный, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда мы заставляемъ звучать одинъ камертонъ. Начнемъ уменьшать количество колебаній одного камертона. Это достигается тѣмъ, что на одну ножку камертона надѣвается небольшая тяжесть a (рис. 48), которая въ зависимости отъ высоты, на которой она надѣта, понижаетъ тонъ въ большей или меньшей мѣрѣ. Именно, съ поднятіемъ на бо́льшую высоту тонъ понижается все больше и больше. Когда тоны двухъ камертоновъ сдѣланы различными, то возникаетъ ослабленіе и усиленіе интенсивности тона. Усиленіе интенсивности тона и называется біеніемъ. Оно сначала возникаетъ черезъ большіе проме-

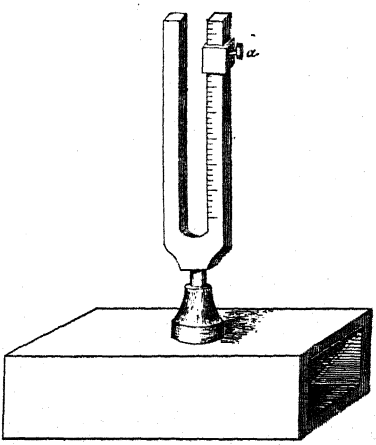


Рис. 48.

жутки времени, но, если продолжать разстраивать камертоны больше, то можно замѣтить, что біеніе возникаетъ все чаще и чаще. При дальнѣйшемъ разстраиваніи камертона біенія возникаютъ такъ часто, что въ свою очередь даютъ тонъ. Это бываетъ при количествѣ біеній свыше 30 въ секунду.

Физическое объясненіе возникновенія біенія таково. Положимъ, у насъ имѣются волны двухъ родовъ. Одни изъ нихъ совершаютъ $4^1/_2$ колебанія въ то время, когда другія совершаютъ 4 колебанія. При одновременномъ ихъ дѣйствіи получится явленіе интерференціи. Черезъ нѣкоторое время, когда возвышеніе (см. рис. 49) одной волны совпадаетъ съ углубленіемъ другой, наступитъ ослабленіе звука въ томъ мѣстѣ. Затѣмъ волны идутъ независимо другъ отъ друга и, наконецъ, въ извѣстный моментъ совпадаютъ другъ съ другомъ. Этотъ моментъ совпаденія возвышенія

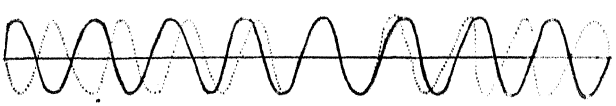


Рис. 49.

одной волны съ возвышеніемъ другой производитъ внезапное усиленіе звука, толчокъ, біеніе. Количество біеній въ секунду равно разности чиселъ колебаній данныхъ тоновъ. Такъ, напр., если одинъ тонъ имѣетъ 435 колебаній, а другой 436, то въ одну секунду мы услышимъ одно біеніе. При одновременномъ дѣйствіи двухъ тоновъ въ 528 и 495 колебаній мы получимъ 33 біенія въ секунду.

Когда звучатъ два камертона, и получаются два тона, мы можемъ воспринимать не только эти тоны, но еще нѣкоторые добавочные тоны, которые возникаютъ вслѣдствіе того, что волны физически складываются и вычитаются. Это такъ наз. комбинаціонные тоны, которые въ свою очередь раздѣляются на дифференціальные и суммаціонные.

Если возьмемъ тонъ a' въ 440 колебаній и c^2 въ 528 колебаній, то при одновременномъ ихъ дѣйствіи, кромѣ нихъ, мы услышимъ тонъ значительно болѣе низкій, получающійся изъ

разности ихъ колебаній, именно, тонъ *fa* большой октавы, имѣющій 88 колебаній. Это есть тонъ дифференціальный. Но изъ сочетанія этихъ тоновъ получится еще тонъ суммаціонный, значительно болѣе высокій, именно, въ 968 колебаній. Это будетъ *si* bemol второй октавы.

Такимъ образомъ, при наличности двухъ тоновъ могутъ возникать тоны дифференціальный и суммаціонный. Мы взяли тотъ случай, когда комбинируются два тона. Но эти тоны могутъ имѣть обертоны, которые въ свою очередь даютъ суммаціонные и дифференціальные тоны. При тонѣ $a = 440$ мы получаемъ его первый обертонъ — $a \times 2 = 880$. Изъ 880 вычитаемъ 528, получаемъ 352. Это будетъ также дифференціальный тонъ, но уже второго порядка. Если бы мы стали продолжать разсмотрѣніе соотношеній между дальнѣйшими обертонами, то оказалось бы еще много тоновъ дифференціальныхъ и суммаціонныхъ. Всѣхъ ихъ услышать простымъ ухомъ мы не можемъ. Мы можемъ услышать только нѣкоторые, остальные же можно услышать только при помощи резонаторовъ.

Само собою разумѣется, что суммаціонные и дифференціальные тоны получаются и при дѣйствіи трехъ тоновъ. Возьмемъ аккордъ c^2 e^2 g^2, (количество колебаній 528, 660, 792). Поступая по-предыдущему, мы можемъ опредѣлить, какіе именно дифференціальные и суммаціонные тоны будутъ имѣть мѣсто въ этомъ случаѣ. Такимъ образомъ, изъ комбинаціонныхъ тоновъ могутъ въ свою очередь возникать дифференціальные и суммаціонные тоны, между которыми могутъ быть также и біенія.

Легко видѣть, что есть существенное различіе между парціальными тонами и комбинаціонными. Источникъ происхожденія тѣхъ и другихъ совершенно различенъ. Обертоны возникаютъ отъ звучанія частей струнъ, язычковъ и т. п., а комбинаціонные тоны происходятъ вслѣдствіе сложенія волнъ двухъ основныхъ тоновъ.

Изъ интерваловъ въ музыкѣ одни являются наиболѣе пріятными, консонирующими, гармоничными, другіе—менѣе пріятными и даже совсѣмъ непріятными, диссонирующими.

Октава и квинта считаются наиболѣе консонирующими интервалами. Терція, кварта и секста—менѣе совершенные консонансы, а секунда и септима—диссонансы. Каковы причины этого? Со временъ пиѳагорейцевъ до XVIII в. пытались объяснить это особеннымъ отношеніемъ числа колебаній. Въ новѣйшее время были предложены объясненія Гельмгольцемъ и Штумпфомъ.

Теорія Гельмгольца относительно причинъ консонанса основывается на совпаденіи парціальныхъ тоновъ и отсутствіи біеній. Тѣ интервалы наиболѣе гармоничны, пріятны, гдѣ наибольшее число парціальныхъ тоновъ совпадаетъ, и гдѣ нѣтъ біеній. Гдѣ меньше совпаденій парціальныхъ тоновъ, гдѣ есть основанія для существованія біеній, тамъ мы имѣемъ дѣло съ диссонирующимъ интерваломъ.

Таблица 4.

ИНТЕРВАЛЫ.	ОБЕРТОНЫ.
Основной тонъ: октава 1 : 2	1. **2**. 3. **4**. 5. **6**. 7. **8**. 9.**10** **2** **4** **6** **8** **10**
Основной тонъ: квинта 2 : 3	2. 4. **6**. 8.10.**12**.14.16.**18**.20 3 **6** 9 **12** 15 **18**
Основной тонъ: кварта 3 : 4	3. 6. 9.**12**.15.18.21.**24**.27.30 4 8 **12** 16 20 **24** 28
Основной тонъ: большая терція 4 : 5	4. 8.12.16.**20**.24.28.32.36.**40** 5 10 15 **20** 25 30 35 **40**
Основной тонъ: малая терція 5 : 6	5.10.15.20.25.**30**.35.40.45.50 6 12 24 **30** 36 42 48
Основной тонъ: большая секста 3 : 5	3. 6. 9.12.**15**.18.21.24.27.**30** 5 10 **15** 20 25 **30**
Основной тонъ: секунда 8 : 9	8.16.24.32.40.48.56.64.**72**.80 9 18 27 36 45 54 63 **72**
Основной тонъ: септима 8 : 15	8.16.24.32.40.48.56.64.72.80 15 30 45 60 75 90

Гельмгольцъ разсматриваетъ отдѣльные интервалы и находитъ, что совпаденіе обертоновъ въ нихъ будетъ различно. На табл. 4 показано, какіе обертоны у того или другого интервала совпадаютъ, (совпадающіе обертоны обозначены жирнымъ шрифтомъ). Напр., въ октавѣ совпадаютъ 2, 4, 6, 8 и 10-й обертоны. Поэтому октава наиболѣе консонирующій интервалъ. Если взять секунду, то мы увидимъ, что совпадаютъ только 72-е обертоны.

Если, вообще, разсмотрѣть интервалы, насколько они консонируютъ, то можно видѣть, что, чѣмъ меньше данный интервалъ оказывается консонирующимъ, тѣмъ меньше его парціальные тоны совпадаютъ; кромѣ того, тѣмъ больше біеній даютъ его парціальные тоны.

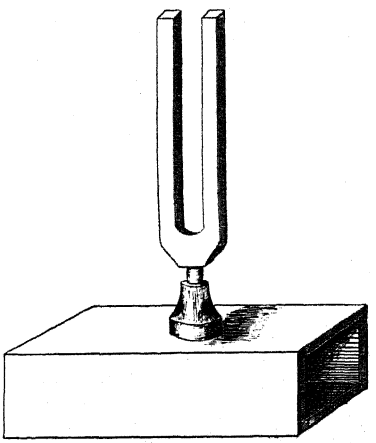


Рис. 50.

Когда намъ приходится имѣть дѣло съ парціальными тонами, дифференціальными и суммаціонными, то не всегда удается ихъ услышать. Въ видѣ вспомогательнаго средства для ихъ выслушиванія служитъ особый приборъ, резонаторъ, который, именно, служитъ для усиленія звука. Для усиленія звука служитъ также и ящикъ, который придѣлывается къ камертону. Каждому камертону соотвѣтствуетъ опредѣленный ящикъ (рис. 50). Если ящикъ отвинтить, и заставить камертонъ звучать, то звукъ получится болѣе слабый. Резонаторъ въ формѣ трубы устроенъ такъ, что каждому тону соотвѣтствуетъ труба опредѣленной длины; чѣмъ ниже тонъ, тѣмъ труба длиннѣе. Если возьмемъ тонъ очень высокій $a^3 = 1760$, то ему будетъ соотвѣтствовать резонаторъ очень короткій.

Задача 19. Опредѣленіе высшаго предѣла слышимости звука.

Высшій предѣлъ слышимости звука можно опредѣлить при помощи такъ наз. Гальтоновскаго свистка (рис. 51). Послѣдній состоитъ изъ двухъ цилиндровъ, изъ которыхъ одинъ ввинчивается въ другой, такъ что они вмѣстѣ составляютъ одинъ цилиндръ *в*, и резиноваго баллона *Г*, который нагнетаетъ воздухъ въ цилиндръ. На меньшемъ цилиндрѣ нанесены поперечныя дѣленія въ одинъ миллиметръ, на большемъ—продольныя, при чемъ поворотъ на одно продольное дѣленіе измѣняетъ длину цилиндра *в* на 0,1 мм. При надавливаніи баллона получается звукъ, высота котораго зависитъ отъ длины цилиндра.

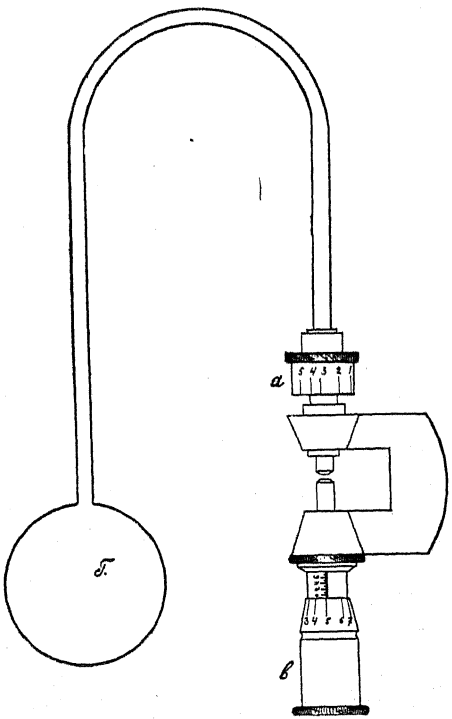


Рис. 51.

Экспериментъ производится слѣдующимъ образомъ. Испытуемый находится на разстояніи одного метра отъ свистка. Экспериментаторъ по возможности равномѣрно надавливаетъ баллонъ *Г* и постепенно, уменьшая размѣры трубки, повышаетъ тонъ, начиная съ отчетливо слышимаго звука. Испытуемый отмѣчаетъ моментъ, когда онъ уже перестаетъ слышать звукъ. Соотвѣтствующее дѣленіе цилиндра отмѣчается въ протоколѣ. Затѣмъ экспериментаторъ постепенно увеличиваетъ длину трубки, начиная съ момента неслышимости звука, и отмѣчаетъ моментъ, когда испытуемый начинаетъ впервые слышать звукъ. Такихъ экспериментовъ нужно произвести по 5 въ обоихъ направленіяхъ, (т.-е., начиная отъ слышимости и отъ неслышимости). Среднее ариѳметическое изъ 10 экспериментовъ и будетъ выражать высшій предѣлъ слышимости для даннаго испытуемаго въ дѣленіяхъ Гальтоновскаго свистка.

По прилагаемой таблицѣ опредѣляется количество колебаній, соотвѣтствующее даннымъ дѣленіямъ цилиндра [1]).

---

[1]) См. Sanford. Cours de psychologie expérimentale. 1900. стр. 400–401.

Длина свистка.	Колич. колебаній.	Длина свистка.	Колич. колебаній.
1,0	42.500	3,5	18,890
1,2	38.600	4,0	17.000
1,4	35.400	5,0	14.170
1,5	34.000	6,0	12.140
1,6	32.700	7,0	10.630
1,8	30.360	8,0	9.440
2,0	28.330	9,0	8.500
2,5	24.290	10,0	7.720
3,0	21.250		

Задача 20. Резонаторы и ихъ употребленіе. Резонаторы употребляются для того, чтобы усилить выслушиваемый тонъ

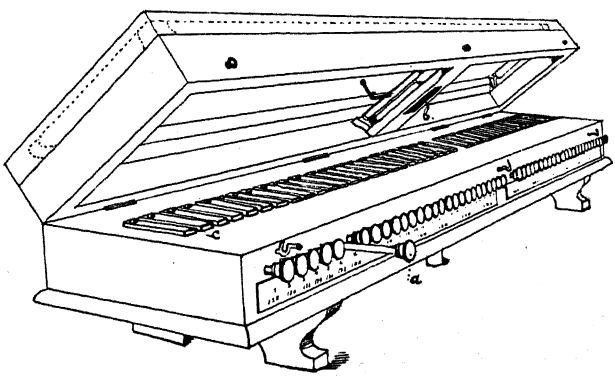


Рис. 52.

и тѣмъ самымъ имѣть возможность выдѣлить его изъ ряда другихъ тоновъ.

При изученіи употребленія резонаторовъ лучше всего держаться слѣдующаго порядка:

а) возьмите камертонъ и соотвѣтствующій ему резонаторъ и поперемѣнно, то приставляя послѣдній къ уху, то отнимая отъ уха, замѣчайте усиленіе звука.

б) Сдѣлайте то же самое при звучаніи двухъ камертоновъ, при чемъ одному изъ нихъ соотвѣтствуетъ резонаторъ, при помощи котораго вы выслушиваете усиленіе звука.

в) Наконецъ, можно выдѣлять усиленіе тона при звучаніи нѣсколькихъ камертоновъ.

Задача 21. Дифференціальные и суммаціонные тоны. Для полученія дифференціальныхъ и суммаціонныхъ тоновъ можно пользоваться камертонами, а также и обертоннымъ аппаратомъ, который приводится въ дѣйствіе посредствомъ

мѣха (рис. 52). Воздухъ изъ мѣха поступаетъ внутрь аппарата, гдѣ заставляетъ дрожать металлическія пластинки *c*, называющіяся голосниками. Для того, чтобы получить опредѣленный тонъ, нужно выдвинуть соотвѣтствующій регистръ *a*, на которомъ обозначено количество колебаній. Если мы вытянемъ два такихъ регистра, напр., 391,5 и 260,5 колебаній въ секунду, то услышимъ дифференціальный тонъ въ 131 колебаніе, который для выслушиванія можетъ быть усиленъ посредствомъ резонатора. Точно такъ же мы можемъ выдѣлить, напр., суммаціонный тонъ въ 652 колебанія. Практиканты могутъ по собственному усмотрѣнію получать тѣ или другіе дифференціальные и суммаціонные тоны, но лучше всего получать тоны, для которыхъ въ лабораторіи имѣются соотвѣтствующіе резонаторы.

Задача 22. Бинауральное слышаніе высоты тоновъ. Испытуемый держитъ въ одной рукѣ одинъ камертонъ, а другой камертонъ такой же высоты—въ другой рукѣ такъ, чтобы экспериментаторъ могъ, ударяя ихъ, заставить звучать одновременно. Испытуемый сидитъ съ закрытыми глазами во время опыта. Экспериментаторъ ударяетъ о камертоны ударникомъ въ быстрой послѣдовательности возможно равномѣрнѣе. Испытуемый поочередно подноситъ правый камертонъ къ правому уху, а лѣвый къ лѣвому уху, и ему можетъ показаться, что одинъ изъ нихъ звучитъ нѣсколько выше другого. Можно перемѣнить камертоны въ рукахъ, и результатъ будетъ тотъ же. Наклеиваніемъ воска на тотъ камертонъ, который кажется издающимъ болѣе высокій тонъ, можно уравнять тоны обоихъ камертоновъ.

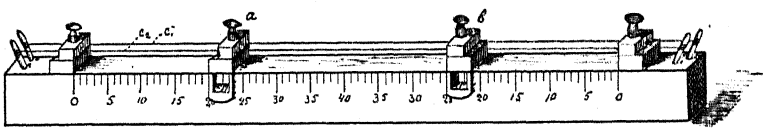


Рис. 53.

Задача 23. Выслушиваніе тембра. Слѣдуетъ произвести тонъ одной и той же высоты на различныхъ приборахъ, имѣющихся въ распоряженіи экспериментатора. Можно взять, напр., камертонъ, обертонный аппаратъ и дихордъ (рис. 53) и попытаться замѣтить различіе въ окраскѣ звука или въ тембрѣ звука. Дихордъ состоитъ изъ стальной полоски съ двумя возвышеніями на концахъ, на которыхъ укрѣплены двѣ струны. Длина обѣихъ струнъ можетъ уменьшаться при помощи двигающейся муфты. На полосѣ нанесены дѣленія, по которымъ можно опредѣлить количество колебаній.

Задача 24. Біенія. Для выслушиванія біеній употребляютъ два камертона одинаковой высоты. Если высоту одного изъ нихъ измѣнять путемъ надѣванія тяжести на ножку камертона, то мы услышимъ біенія. Нужно опредѣлить число біеній въ одну секунду.

Если число біеній не превышаетъ пяти въ секунду, то сосчитываніе производится непосредственно. Если біеній въ одну секунду бываетъ больше 5, то мы уже непосредственно не въ состояніи сосчитать ихъ. Сосчитываніе производится при помощи третьяго камертона, равнаго съ первыми по высотѣ, который разстраивается такимъ образомъ, что даетъ возможность посчитать количество біеній съ первымъ и вторымъ камертономъ отдѣльно. Сложивъ количество біеній перваго и третьяго съ количествомъ біеній второго и третьяго, мы получимъ число біеній перваго и второго камертона. Для сосчитыванія біеній нужно сосчитать число біеній въ 15 секундъ, затѣмъ полученное количество біеній дѣлить на 15, и, такимъ образомъ, получается количество біеній въ одну секунду. Число біеній въ 15 секундъ опредѣляется съ часами въ рукахъ. Нужно начать считать съ того момента, когда какое-либо біеніе совпадаетъ съ положеніемъ секундной стрѣлки у *O*.

Литература.

Bernstein. Die fünf Sinne des Menschen. 1889.
Сѣченовъ. Физіологическіе очерки. Часть II. Спб. 1898.
Тигерстедъ. Учебникъ физіологіи человѣка. Спб. 1901. Т. 1-й.
Ландуа. Учебникъ физіологіи человѣка.
Ebbinghaus. Grundzüge der Psychologie. Erster Band. Lpz. 1905.
Эббингаусъ. Очерки Психологіи. П. 1913.
Wundt. Grundzüge der physiologischen Psychologie. Zweiter Band. 1910.
Nagel. Handbuch der Physiologie des Menschen. Dritter Band, 1905.
Schaefer. Musikalische Akustik. Lpz. 1912.
Helmholtz. Die Lehre von Tonempfindungen. 1896.
Mach. Einleitung in die Helmholtz'sche Musiktheorie. 1866.
Stumpf. Tonpsychologie. 2 Bände. Lpz. 1883—1890.
Stumpf und Schaefer. Tontabellen. (Stumpf's Beiträge zur Akustik und Musikwissenschaft. Heft. 3. Leipzig. 1901.
Auerbach. Handbuch der Akustik. 1909, въ Winkelmann's Handbuch der Physik.

ГЛАВА IX.

Монокулярное зрѣніе.

Теперь намъ предстоитъ перейти отъ отдѣла ощущеній къ отдѣлу воспріятій. Начнемъ со зрительныхъ воспріятій.

Отмѣтимъ прежде всего процессъ физіологическій, благодаря которому мы имѣемъ отчетливыя изображенія на сѣтчаткѣ. Это процессъ аккомодаціи. Чтобы физіологическій процессъ

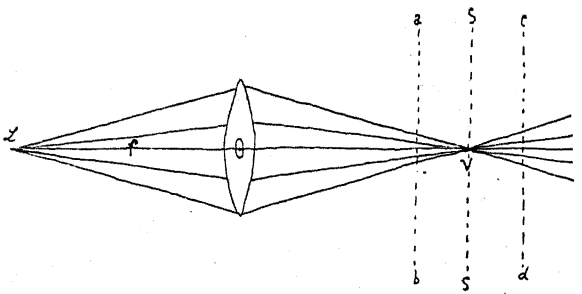


Рис. 54.

аккомодаціи былъ вполнѣ ясенъ, напомню нѣкоторыя данныя изъ физики. Процессъ аккомодаціи есть процессъ физіологическій и физическій въ одно и то же время.

Если мы возьмемъ двояковыпуклое стекло O и передъ нимъ въ точкѣ L поставимъ горящую свѣчу, то лучи горящей свѣчи пересѣкутся въ точкѣ v, которая называется точкой соединенія (см. рис. 54). Если въ точкѣ v мы поставимъ экранъ, то въ этомъ мѣстѣ получится ясное, обратное изображеніе свѣчи. Что будетъ, если экранъ поставимъ въ мѣстѣ, обозначенномъ черезъ ab и cd? Въ нихъ получатся неясныя изображенія оттого, что въ пер-

вомъ случаѣ лучи еще не соединились, а во второмъ—оттого, что послѣ соединенія успѣли уже разойтись. Неясныя изображенія, которыя получаются въ такихъ случаяхъ, называются «кругами свѣторазсѣянія». Такое же условіе имѣется у насъ въ глазу. Если на извѣстномъ разстояніи отъ глаза (рис. 55) въ точкѣ a находится свѣтящаяся точка, то отъ этой точки получится ясное изображенія въ томъ случаѣ, если сѣтчатка находится въ точкѣ соединенія c. Если бы сѣтчатка находилась въ g_{II}, то на ней изобразилась бы не точка, а кругъ свѣторазсѣянія, равнымъ образомъ на сѣтчаткѣ получился бы кругъ свѣторазсѣянія въ томъ случаѣ, если бы она находилась въ $f_I f_{II}$.

Если мы предположимъ, что горящая свѣча то приближается къ двояковыпуклому стеклу, то удаляется отъ него, для

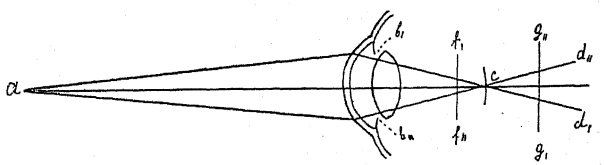


Рис. 55.

полученія ясныхъ изображеній необходимо, чтобы экранъ то приближался, то удалялся соотвѣтственно разстоянію свѣтящейся точки.

Сдѣлаемъ предположеніе, что у насъ есть линза и экранъ, который находится неподвижно на опредѣленномъ разстояніи отъ линзы, между тѣмъ какъ предметъ, посылающій лучи, или приближается или удаляется. При какихъ условіяхъ можно получить ясное изображеніе? Въ такомъ случаѣ нужно было бы, чтобы съ приближеніемъ свѣтящейся точки стекло становилось болѣе выпуклымъ, т.-е. сильнѣе преломляющимъ, а съ удаленіемъ свѣтящейся точки менѣе выпуклымъ, т.-е. слабѣе преломляющимъ. Другими словами, если бы линза и экранъ находились на опредѣленномъ разстояніи другъ отъ друга, а предметъ приближался или удалялся, то, для полученія на экранѣ яснаго изображенія, нужно, чтобы форма линзы измѣнялась, именно, при приближеніи предмета

линза должна дѣлаться утолщеннѣе, при удаленіи—площе.

Нѣчто подобное мы имѣемъ въ нашемъ зрительномъ аппаратѣ. Въ немъ есть экранъ, именно, сѣтчатка, которая остается неподвижной, и двояковыпуклое стекло—хрусталикъ. (Собственно, въ глазу преломляющихъ средъ нѣсколько: роговая оболочка, стекловидная влага и т. д. Для простоты мы примемъ, что такою средою является хрусталикъ). При какихъ условіяхъ на сѣтчаткѣ будутъ получаться ясныя изображенія? Если бы линза оставалась неизмѣнной, то предметы почти всегда давали бы изображенія неясныя. Чтобы получались ясныя изображенія, надо, чтобы хрусталикъ, благодаря тѣмъ или другимъ условіямъ, измѣнялъ свою форму. Процессъ измѣненія формы хрусталика, благодаря которому изображенія становятся ясными, называется аккомодаціей. Если предметъ находится далеко, то хрусталикъ уплощается; въ случаѣ же приближенія предмета хрусталикъ утолщается (рис. 56).

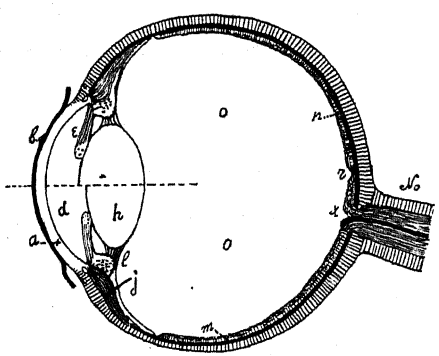


Рис. 56. Хрусталикъ *h* изображенъ въ двухъ состояніяхъ: болѣе выпуклымъ при смотрѣніи вблизь и менѣе выпуклымъ при смотрѣніи вдаль. *j* аккомодаціонная мышца, *l* Цинпова пленка, *x* мѣсто вхожденія зрительнаго нерва N O, *r* желтое пятно.

Какъ совершается этотъ процессъ утолщенія и уплощенія хрусталика?

Въ послѣднее время физіологи, начиная съ Гельмгольца, стремились опредѣлить, какъ происходитъ процессъ измѣненія хрусталика. Хрусталикъ, какъ извѣстно, представляетъ упругое тѣло. Если его уплощать, то онъ будетъ стараться расшириться, дѣлаться толще. Къ хрусталику прикрѣплена особенная пленка, называющаяся Цинновой пленкой, которая сжимаетъ хрусталикъ. Въ обычномъ спокойномъ состояніи хрусталикъ бываетъ сжатъ этой пленкой. Вслѣдствіе сжатія хрусталикъ дѣлается плоскимъ.

Но положимъ, намъ надо смотрѣть на предметъ близкій. Для этого нужно, чтобы хрусталикъ утолщался. Что тогда дѣлается въ глазу? Въ глазу въ извѣстномъ мѣстѣ имѣется аккомодаціонный мускулъ, и отношеніе между аккомодаціоннымъ мускуломъ и пленкой такое: когда аккомодаціонный мускулъ сокращается, онъ высвобождаетъ хрусталикъ отъ вліянія пленки; вслѣдствіе этого хрусталикъ утолщается, глазъ приспособляется къ смотрѣнію на близкомъ разстояніи.

Итакъ, когда аккомодаціонный мускулъ напрягается, то хрусталикъ высвобождается и вслѣдствіе присущей ему упругости утолщается. Такъ происходитъ приспособленіе глаза къ видѣнію близкихъ предметовъ.

Если мы смотримъ на предметы далекіе, напримѣръ, находящіеся на горизонтѣ, то нѣтъ надобности напрягать мышцы, и глазъ въ этомъ случаѣ не аккомодируетъ, т.-е. предметы далекіе отражаются на сѣтчаткѣ такъ, что надобности въ аккомодаціи не имѣется. При разсматриваніи же предметовъ близкихъ, аккомодаціонная мышца напрягается.

Для аккомодаціи есть извѣстные предѣлы; глазъ не аккомодируетъ на предметы далекіе, но и на предметы, находящіеся очень близко, онъ тоже не аккомодируетъ. Аккомодировать глазъ начинаетъ на разстояніи 6—7 метровъ. Если предметъ находится ближе 20 сантим., то глазъ перестаетъ аккомодировать, хрусталикъ дальше расширяться не можетъ, и вслѣдствіе этого на сѣтчаткѣ получается изображеніе неясное.

Это впервые было доказано Шейнеромъ съ помощью очень простого опыта.

Аппаратъ для опыта состоитъ изъ булавки и картона, на которомъ сдѣланы два отверстія, очень тонкія, на разстояніи приблизительно не больше 2 мм., еще лучше $1^1/_2$ мм. Надо показать, что глазъ при извѣстной близости предмета не можетъ аккомодировать, и изображеніе получается неясное. Если приблизить къ глазу эти два отверстія и черезъ нихъ смотрѣть на иголку, которая находится отъ глаза на разстояніи 10 или 12 сантим., то будетъ видно два изображенія иголки. Это зна-

читъ, что глазъ не аккомодируетъ, и лучи не пересѣкаются на сѣтчаткѣ. Если, получивъ два изображенія, я начну двигать иголку отъ себя, то въ извѣстный моментъ я увижу одно изображеніе. Когда я начинаю видѣть одно ясное изображеніе, то я достигаю пункта, когда глазъ начинаетъ впервые аккомодировать.

Какъ объяснить Шейнеровскій опытъ? Отчего получается 2 изображенія? Объясненіе будетъ такое. На рис. 57 *a* будетъ хрусталикъ, передъ нами экранъ *b*, имѣющій 2 отверстія, и иголка *c*. Если глазъ аккомодируетъ, то лучи пересѣкутся на сѣтчаткѣ. Это и изображено на рис. 57. Но если глазъ не аккомодируетъ, то они не могутъ пересѣчься на сѣтчаткѣ. Если иголка будетъ ближе 20 сантим., то глазъ не можетъ акко-

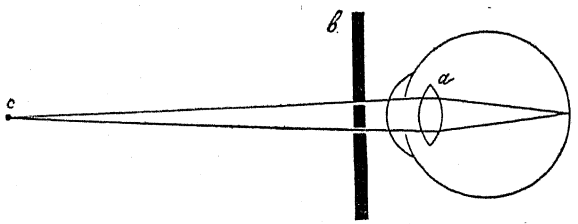


Рис. 57.

модировать, и лучи пересѣкутся не на сѣтчаткѣ, а позади ея въ мѣстѣ *f* (рис. 58). Вмѣсто одной иголки мы видимъ двѣ, потому что одно изображеніе попадаетъ на сѣтчатку въ одномъ мѣстѣ *x*, а другое—въ другомъ *y*, и будутъ видимы въ пространствѣ—одно на мѣстѣ *x*, а другое—на мѣстѣ *y*. Эти изображенія менѣе ясны, чѣмъ иголка, на которую мы аккомодируемъ. Такимъ образомъ, глазъ, который не аккомодируетъ, не получаетъ на сѣтчаткѣ яснаго изображенія, такъ какъ на ней образуются круги свѣторазсѣянія.

Процессъ аккомодаціи можно также иллюстрировать при помощи тюля, натянутаго на рамку. Если вы разсматриваете тюль и стараетесь въ то же время смотрѣть черезъ него на какой либо предметъ, напр., печатный листъ, то въ этомъ случаѣ предметъ долженъ казаться въ кругахъ свѣторазсѣянія, т.-е. расплывчатымъ. Если вы будете смотрѣть на предметъ, то расплывча-

тымъ долженъ казаться тюль, находящійся вблизи отъ глаза. Вы можете послѣдовательно аккомодировать то на тюль, то на предметъ. Въ этомъ случаѣ аккомодаціонная мышца то сокращается, то ослабляется, при чемъ этотъ процессъ отчетливо отмѣчается въ ощущеніи напряженія.

Перехожу къ явленію непрямого видѣнія, или видѣнія въ боковомъ полѣ зрѣнія.

Экспериментъ можно произвести такимъ образомъ. Я закрываю одинъ глазъ и фиксирую одну какую либо точку. Вниманіе направлено на эту точку, но я вижу въ тоже время и другіе предметы, находящіеся здѣсь: я вижу присутствующихъ, столъ и т. д. Эти послѣдніе предметы я вижу черезъ посредство боковыхъ частей сѣтчатки.

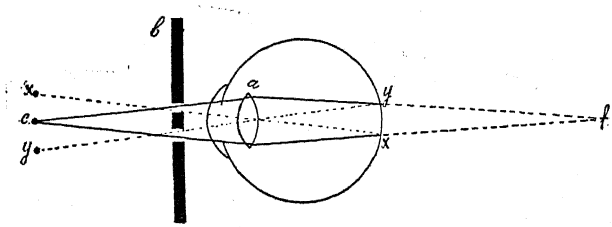


Рис. 58.

Экспериментъ съ видѣніемъ въ боковыхъ частяхъ сѣтчатки, можетъ быть правильно произведенъ въ томъ случаѣ, когда глазъ неподвиженъ. Для достиженія неподвижности глаза беремъ маленькое зеркальце и прикрѣпляемъ его къ доскѣ; затѣмъ, глядя въ зеркало, мы стараемся смотрѣть на свой зрачокъ, когда онъ неподвиженъ. Въ это время экспериментаторъ въ боковомъ полѣ зрѣнія будетъ показывать различныя вещи, а испытуемый долженъ узнавать ихъ. Вещи будутъ восприниматься, но съ меньшей ясностью, чѣмъ вещи въ прямомъ полѣ зрѣнія. Если смотрѣть на зрачокъ, то можно замѣтить, что по направленію къ виску видно большее поле зрѣнія, чѣмъ по направленію къ носу.

Теперь займемся вопросомъ о такъ наз. слѣпомъ пятнѣ. Процессъ отыскиванія слѣпого пятна заключается въ слѣдующемъ. На рис. 59 изображены крестикъ и кружокъ. Если смо-

трѣть правымъ глазомъ на крестикъ, закрывши лѣвый глазъ, и затѣмъ приближать или отдалять оба эти изображенія, то на



Рис. 59.

извѣстномъ разстояніи кружокъ становится невидимымъ. Это исчезновеніе происходитъ потому, что изображеніе отъ кружка попадаетъ на мѣсто x вхожденія въ сѣтчатку зрительнаго нерва, который здѣсь нечувствителенъ. Мѣсто r (см. рис. 56) есть мѣсто наиболѣе яснаго зрѣнія—желтое пятно.

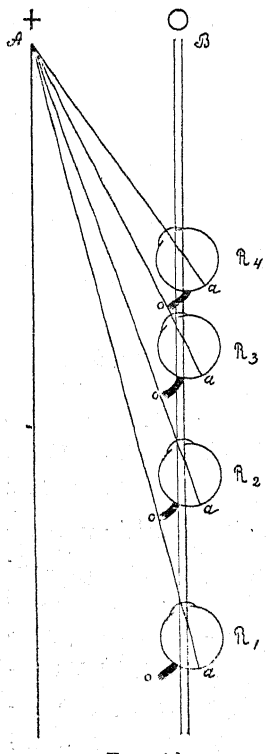


Рис. 60.

Можно различить нѣсколько моментовъ, когда глазъ разсматриваетъ крестикъ A и кружокъ B (рис. 60). Правый глазъ долженъ фиксировать крестикъ, и надо, чтобы пропадалъ кружокъ. Для этого надо, чтобы изображеніе кружка попадало на мѣсто вхожденія зрительнаго нерва. Въ первый моментъ глазъ фиксируетъ крестикъ A; изображеніе отъ крестика падаетъ въ мѣсто наиболѣе яснаго зрѣнія, а отъ кружка B не на слѣпое пятно (случай на рис. R_1). То же самое относительно случая R_2. Если оба предмета приблизятся, то глазъ займетъ нѣсколько иное положеніе, именно, при фиксированіи крестика изображеніе кружка падаетъ въ слѣпое пятно (случай R_3). Изображеніе крестика A падаетъ въ желтое пятно, а кружокъ B падаетъ на мѣсто, гдѣ входитъ зрительный нервъ. Въ этомъ случаѣ кружокъ становится невидимымъ. Если оба предмета еще приблизятся, то изображеніе кружка опять попадаетъ внѣ вхожденія зрительнаго нерва, и опять получится изображеніе.

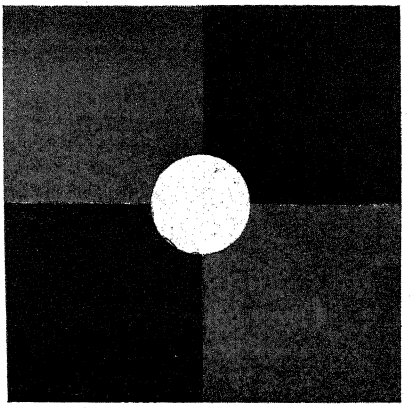


Рис. 61*a*.

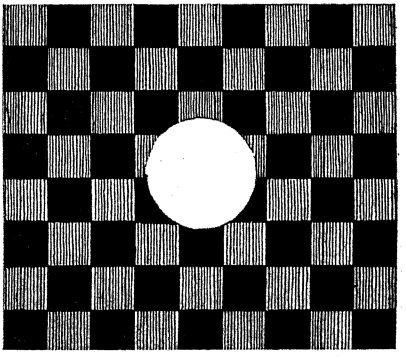


Рис. 61*b*.

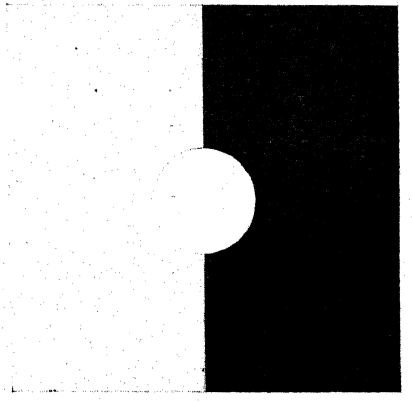


Рис. 61*c*.

При изученіи исчезновенія изображеній въ слѣпомъ пятнѣ обратите вниманіе на слѣдующія явленія.

Если помѣстимъ кружокъ между четырехъ квадратовъ (рис. 61*a*), то при исчезновеніи кружка глазъ дополняетъ мѣсто

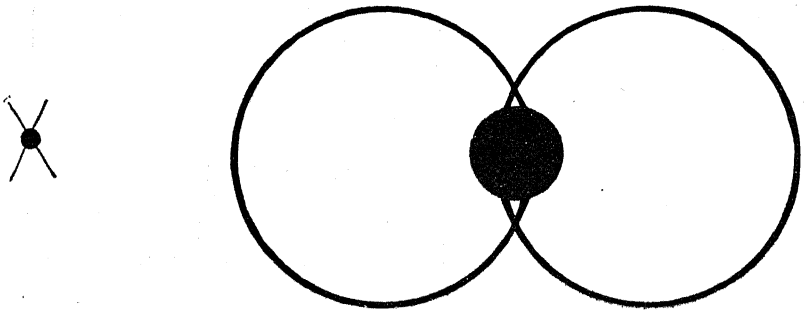


Рис. 61*d*.

кружка, такъ что квадраты видны полностью. Можно наблюдать то же, если помѣстить кружокъ въ центрѣ сѣрыхъ и черныхъ квадратовъ (рис. 61*b*). Изображеніе круга, которое пропадаетъ, падаетъ на мѣсто вхожденія зрительнаго нерва. Казалось бы, на мѣстѣ исчезнувшаго кружка не должно быть ничего, должна быть пустота, а между тѣмъ получается продолженіе бѣлой и черной площадей квадратовъ.

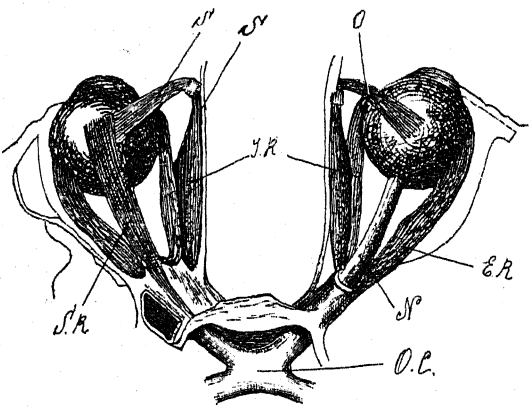


Рис. 62.

Въ связи со зрѣніемъ слѣдуетъ ознакомиться съ движеніями глаза, которыя можно демонстрировать при помощи аппарата, называемаго офтальмотропомъ (рис. 63). Онъ служитъ для поясненія той роли, которая принадлежитъ отдѣльнымъ глазнымъ мускуламъ въ процессѣ движенія глаза. Извѣстно, что глазъ приводится въ движеніе шестью мускулами.

На рисункѣ 62 вы видите глаза, разсматриваемые сверху. Глаза приводятся въ движеніе слѣдующими мышцами:

1) rectus superior, верхняя прямая (*S. R.*)
2) rectus exterior, внѣшняя прямая (*E. R.*)
3) rectus interior, внутренняя прямая (*I. R.*)
4) rectus inferior, нижняя прямая (не видно на рис.).
5) obliquus superior, верхняя косая (*O.*)
6) obliquus inferior, нижняя косая (не видно на рис.).

На офтальмотропѣ можно пояснить взаимное отношеніе между мышцами, которыя приводятъ глазъ въ движеніе. На стержнѣ, символизирующемъ зрительную линію, прикрѣпленъ дискъ, на которомъ изображены линіи горизонтальная и вертикальная. По движенію этихъ линій можно судить о томъ, что дѣлается съ глазомъ, поднимается ли онъ вверхъ, или опускается внизъ, или производитъ вращательное движеніе. При помощи этого аппарата можно показать, какъ движется глазъ, когда дѣйствуетъ одна какая-либо мышца, напр., или наружная прямая, или внутренняя прямая. Благодаря сокращенію этихъ мышцъ онъ движется прямо: горизонтальная линія въ этомъ случаѣ остается горизонтальной. Глазъ движется вверхъ и внизъ при содѣйствіи двухъ мышцъ. Въ первомъ случаѣ верхняя прямая дѣйствуетъ совмѣстно съ нижней косой, во второмъ— нижняя прямая съ верхней косой.

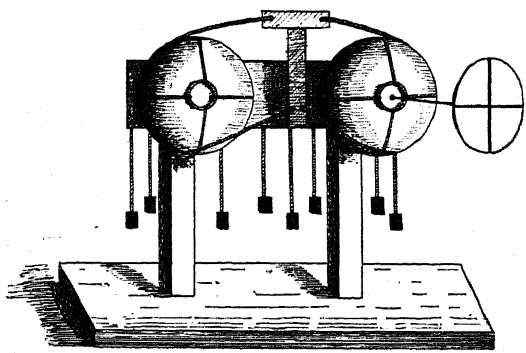


Рис. 63.

На схемѣ, принадлежащей Герингу (рис. 64), можно видѣть путь, который совершилъ бы глазъ, если бы каждый мускулъ сокращался въ отдѣльности. Если бы дѣйствовала только прямая наружная или внутренняя мышца, то глазъ двигался бы по горизонтальной линіи. Линія (*r. s.—o*) служитъ для обоз-

наченія пути глаза при дѣйствіи верхней прямой мышцы; линія (*ob. in.*)—при дѣйствіи нижней косой; линія (*ob. s.*)—при дѣйствіи верхней косой. Совершенно ясно изъ этой схемы, что для поднятія глаза прямо вверхъ нужно совмѣстное дѣйствіе верхней прямой и нижней косой мышцъ; тогда глазъ пойдетъ по равнодѣйствующей.

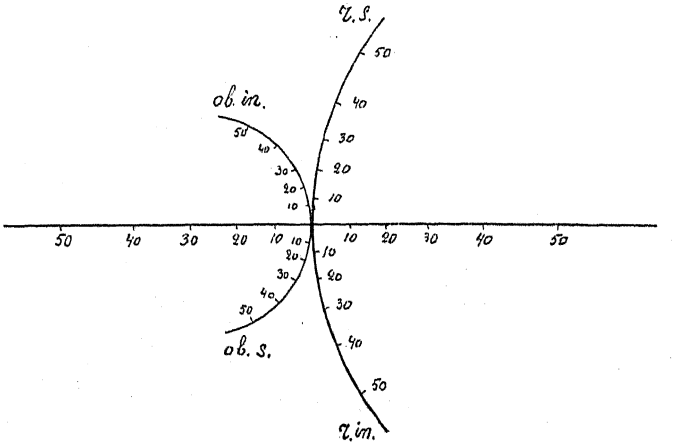


Рис. 64.

Задача 25. Опытъ Шейнера. Приборъ въ упрощенномъ видѣ представляетъ изъ себя деревянный брусъ, на которомъ нанесены дѣленія, по сантиметру каждое. У одного конца этого бруса прикрѣпленъ кусокъ картона, въ которомъ, на разстояніи $1^1/_2$ миллим. другъ отъ друга, сдѣланы два булавочныхъ прокола.

Испытуемый прикладываетъ картонъ къ глазу и смотритъ черезъ отверстія на булавку, которую экспериментаторъ укрѣпляетъ на разстояніи 2—3 сант. отъ картона. Испытуемый видитъ (кромѣ случаевъ крайней близорукости) двѣ булавки. Экспериментаторъ закрываетъ одно изъ отверстій и предлагаетъ испытуемому указать, какое изъ двухъ изображеній при этомъ исчезаетъ. При закрываніи праваго отверстія должно исчезнуть лѣвое изображеніе, и наоборотъ. Затѣмъ экспериментаторъ, оставляя открытыми оба отверстія, постепенно отдаляетъ булавку отъ глаза испытуемаго, и послѣдній отмѣчаетъ моментъ, когда оба изображенія сольются въ одно. Соотвѣтствующее дѣленіе укажетъ разстояніе, на которомъ глазъ испытуемаго начинаетъ аккомодировать. При нормальномъ зрѣніи это разстояніе равняется приблизительно 20 сант.

Съ этимъ же приборомъ можно сдѣлать и другой опытъ. Одна булавка укрѣпляется на такомъ разстояніи, чтобы она была ви-

дима одиночно, а другая нѣсколько дальше. Тогда, фиксируя отдаленную булавку, испытуемый увидитъ ближайшую вдвойнѣ; фиксируя ближайшую, увидитъ отдаленную вдвойнѣ. Практикантъ долженъ изобразить на чертежѣ ходъ лучей въ обоихъ случаяхъ.

Задача 26. Опытъ съ тюлемъ. Между глазомъ и книгой помѣщается рѣдкій тюль. Если смотрѣть на тюль, то печать книги становится неясной, расплывчатой. Если смотрѣть на печать, то неяснымъ становится тюль. Быстро переводя взглядъ съ книги на тюль и обратно, можно подмѣтить ощущеніе въ аккомодаціонномъ мускулѣ глаза.

Задача 27. Изображеніе поля зрѣнія. Испытуемый закрываетъ одинъ глазъ и фиксируетъ другимъ точку, находящуюся на разстояніи 20 сант. отъ его глаза на доскѣ. Экспериментаторъ

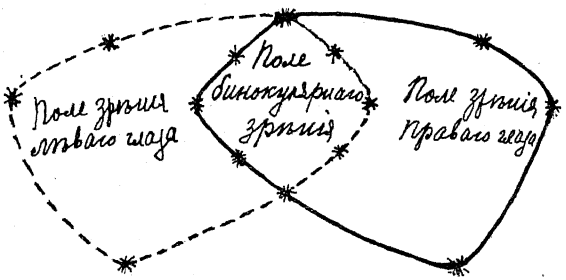


Рис. 65.

беретъ бѣлую полоску, прикладываетъ ее къ доскѣ и двигаетъ отъ фиксаціонной точки къ краю поля зрѣнія. Испытуемый отмѣчаетъ моментъ, когда онъ перестаетъ видѣть полоску. Соотвѣтствующее положеніе полоски отмѣчается на доскѣ. Затѣмъ полоска передвигается по другимъ направленіямъ. Соединивъ отмѣченныя точки, мы получимъ поле монокулярнаго зрѣнія. Чтобы получить поле бинокулярнаго зрѣнія, надо такимъ же образомъ опредѣлить поле зрѣнія другого глаза и взять совпадающія части. При этомъ 1) испытуемый не долженъ мѣнять своего положенія, 2) для другого глаза должна быть дана другая фиксаціонная точка (рис. 65).

Задача 28. Нахожденіе слѣпого пятна. Произведите всѣ эксперименты съ нахожденіемъ слѣпого пятна, которые описаны въ текстѣ. Нужно тщательно записать показанія самонаблюденія испытуемаго. Онъ долженъ обратить вниманіе, какъ происходитъ дополненіе тѣхъ изображеній, которыя приходятся на мѣсто слѣпого пятна.

Практиканты могутъ сами изготовить рисунки для опытовъ, подобные тѣмъ, которые приведены въ текстѣ.

ГЛАВА X.

Бинокулярное зрѣніе.

Почему мы, имѣя на каждой сѣтчаткѣ отъ воспринимаемаго предмета по одному изображенію, видимъ въ дѣйствительности не два предмета, а одинъ? Для нашихъ цѣлей будетъ достаточно, если мы скажемъ, что это объясняется тѣмъ, что у насъ на обѣихъ сѣтчаткахъ есть точки такъ наз. тождественныя, соотвѣтствующія, покрывающіяся, обладающія тѣмъ свойствомъ, что, когда онѣ одновременно возбуждаются, то даютъ представленіе одной точки. Гдѣ же эти точки помѣщаются? Представимъ себѣ, что поверхность сѣтчатки, имѣющая форму круга, раздѣлена горизонтальной и вертикальной линіей на 4 квадранта; тогда соотвѣтствующія точки будутъ занимать слѣдующія положенія (рис. 66). Если мы возьмемъ точку a, находящуюся на опредѣленномъ разстояніи отъ вертикальной и горизонтальной линій, то въ другомъ глазу соотвѣтствующая ей точка будетъ a'. Если возьмемъ точку e въ одномъ глазу, то въ другомъ будетъ точка e', соотвѣтствующая ей. Если изображеніе предмета падаетъ на точки a и a', или e и e', то вмѣсто двухъ изображеній мы будемъ видѣть одно, потому что это точки соотвѣтствующія. Фиксируемая точка, падая на желтое пятно въ томъ и другомъ глазу, будетъ всегда покрываться, давать одно изображеніе. Если принять въ соображеніе это обстоятельство, то легко

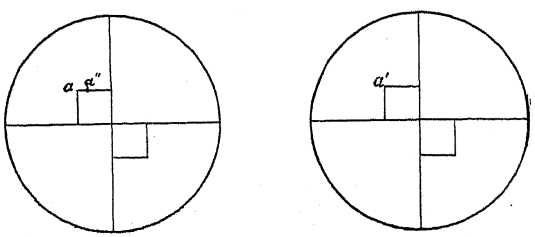


Рис. 66.

понять, что будетъ, если лучи отъ одного предмета будутъ падать не на соотвѣтствующія точки. Тогда вмѣсто одного изображенія будутъ получаться два изображенія. Это такъ наз. двойственныя изображенія.

Для того, чтобы получить двойственныя изображенія, произведемъ слѣдующій экспериментъ. Пусть у насъ на стѣнѣ будетъ вертикальная линія. Беру кусокъ мѣла и ставлю его такъ, чтобы онъ находился на одной плоскости съ указанной линіей и точкой, лежащей по срединѣ между обоими глазами. Если я буду фиксировать линію, то мѣлъ покажется вдвойнѣ; если буду фиксировать мѣлъ, линія на стѣнѣ покажется вдвойнѣ, т.-е. или то или другое изображеніе получится вдвойнѣ. Но между тѣми и этими двойственными изображеніями есть нѣкоторая разница. При фиксированіи мѣла будутъ видны двѣ линіи. Если при этомъ я закрою правый глазъ, то пропадаетъ правое изображеніе; если я закрою лѣвый глазъ, пропадаетъ лѣвое изображеніе. Такія двойныя изображенія называются одноименными, гомонимными. Если я, фиксируя линію, вижу два мѣла, то, при закрываніи лѣваго глаза, пропадаетъ правое изображеніе, при закрываніи праваго глаза пропадаетъ лѣвое изображеніе. Такія изображенія называются неодноименными, гетеронимными, перекрещивающимися. На рис. 67 поясняется различіе между этими двумя видами двойственныхъ изображеній.

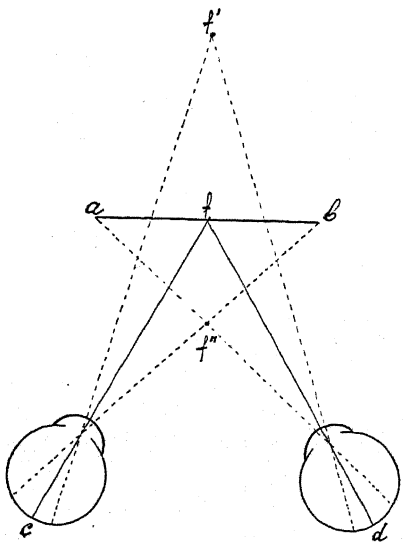


Рис. 67.

Оба глаза фиксирують точку f; c и d будутъ желтыя пятна, куда должно падать изображеніе отъ точки f. Изображеніе точки f', находящейся дальше фиксируемой точки, будетъ па-

дать въ носовыя половины сѣтчатки. Когда между фиксируемой точкой и глазами появляется точка f'', то изображенія отъ нея будутъ падать въ наружную часть, въ височныя части сѣтчатки. Изображенія отъ точки, находящейся дальше фиксируемой точки, будутъ гомонимныя, ближе—гетеронимныя.

Но слѣдуетъ замѣтить, что одиночное изображеніе будутъ давать не только тѣ точки, которыя являются тождественными въ геометрическомъ смыслѣ, потому что есть нѣкоторая свобода въ соединеніи тождественныхъ точекъ,—сливаются не только точки геометрически тождественныя, но и нѣсколько отличающіяся. Возьмемъ точки a и a', онѣ соединяются другъ съ другомъ, потому что онѣ тождественны; если возьмемъ точки a' и a'', то онѣ геометрически не совпадаютъ, а психологически совпадаютъ другъ съ другомъ. Если совпадаютъ точки, не вполнѣ другъ другу соотвѣтствующія, то это будутъ такъ наз. диспаратныя точки. Такія точки могутъ сливаться другъ съ другомъ, давать одно изображеніе, при чемъ такое изображеніе будетъ имѣть тѣлесный характеръ, будетъ имѣть рельефъ.

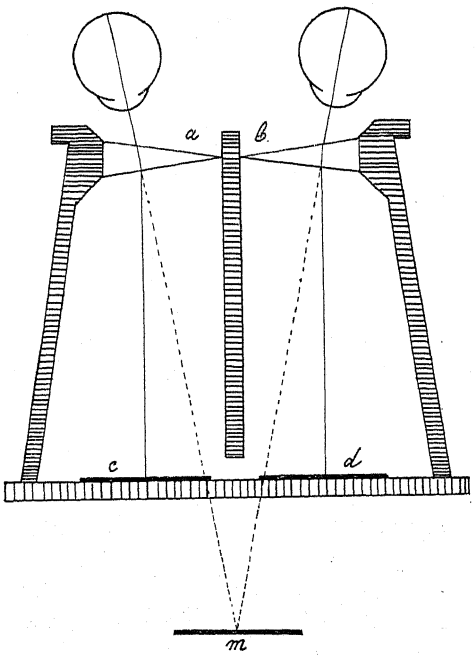


Рис. 68.

Видѣніе тѣлесности можно изучить съ помощью прибора, называемаго стереоскопомъ.

На рис. 68 видно его устройство. Двѣ призмы a и b обращены основаніемъ къ наружной части. Передъ одной линзой находится рисунокъ c, передъ другой рисунокъ d. Точки ри-

сунка *c*, падая на линзу, преломляются въ сторону основанія линзы. То же самое происходитъ и съ точками рисунка *d*. Эти преломленія заставляютъ глазъ видѣть точку *c* въ направленіи измѣненномъ, именно, въ точкѣ *m*. Изображеніе отъ точки *d*, по той же причинѣ, будетъ видимо въ точкѣ *m*. Точки *c* и *d* совпадаютъ въ *m*, т.-е. точки *c* и *d* будутъ видны въ одной общей точкѣ. Такимъ образомъ, стереоскопъ предназначенъ къ тому, чтобы способствовать соединенію двухъ видимыхъ точекъ.

Одинъ изъ рисунковъ долженъ представлять изображеніе предмета, какимъ онъ представляется правому глазу, а другой такимъ, какъ онъ представляется лѣвому.. Чтобы получить рельефъ, надо взять рисунки, другъ отъ друга отличающіеся, напр., изображенные на рис. 69.

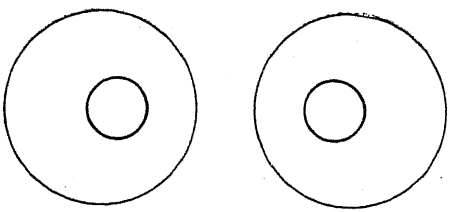


Рис. 69.

Изъ явленій стереоскопическихъ я хочу обратить ваше вниманіе на слѣдующія. На рис. 69 вы видите изображеніе усѣченнаго конуса, какъ онъ представляется правому и лѣвому глазу. Если эти два изображенія соединить въ стереоскопѣ, то получается отчетливое представленіе рельефа. То же самое получится и съ рисунками 70 *a* и 70 *b*. Если у насъ есть рисунки, гдѣ контуры другъ съ другомъ не сливаются, то получается такъ наз. борьба полей зрѣнія. На рис. 70 *d* вы видите черный квадратъ и бѣлое поле, на которомъ изображена звѣзда. Что произойдетъ, если одно изображеніе будетъ посылаться въ одинъ глазъ, другое — въ другой? Казалось бы, должно произойти сліяніе этихъ двухъ изображеній. На самомъ же дѣлѣ сліянія не произойдетъ, а произойдетъ борьба полей зрѣнія. Черное поле и бѣлое поле, на которомъ находится звѣзда, будутъ находиться въ состояніи борьбы, и соединеніе будетъ такого рода, что на черномъ полѣ появится черная звѣзда, окруженная свѣтлымъ сіяніемъ. Соединеніе черной фигуры съ бѣлой (какъ это обозначено на рис. 70 *c*) даетъ стереоскопическій блескъ.

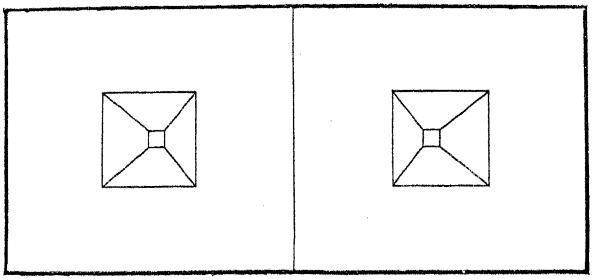


Рис. 70*a*.

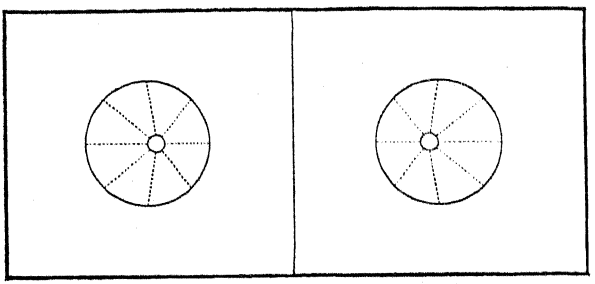


Рис. 70*b*.

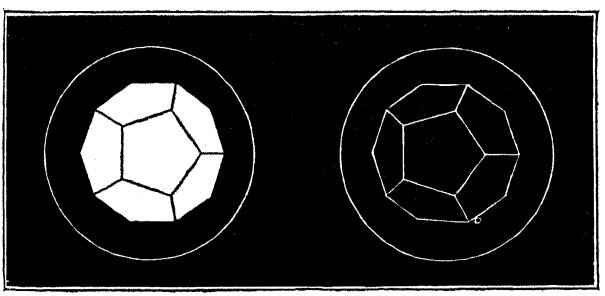


Рис. 70*c*.

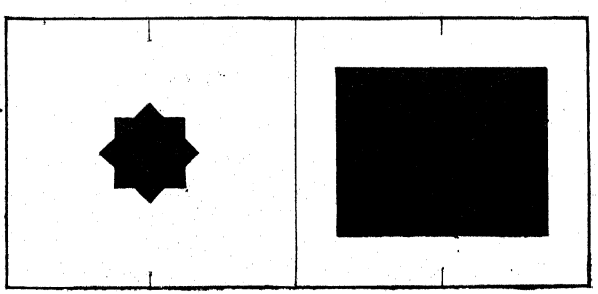


Рис. 70*d*.

Чтобы получить рельефный образъ, надо, чтобы оба изображенія другъ отъ друга отличались. Если это условіе соблюдено, то получается рельефъ. Если на обѣихъ половинахъ стереоскопической карточки напечатать что-нибудь почти одинаковое, то бываетъ очень трудно при помощи простого разсмотрѣнія отмѣтить разницу между напечатаннымъ. Въ сте-

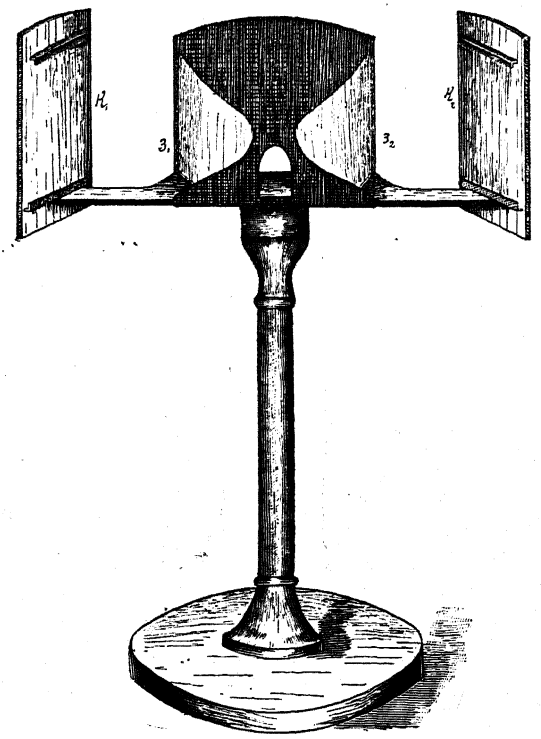


Рис. 71.

реоскопѣ же это различіе тотчасъ вскроется: въ томъ мѣстѣ, гдѣ одна буква отличается отъ другой, она не будетъ казаться находящейся на плоскости, а будетъ казаться тѣлесной. Этимъ способомъ можно опредѣлить поддѣльныя кредитки. Если мы беремъ на одной половинѣ стереоскопическаго рисунка настоящую кредитку и на другой тоже настоящую, то вслѣдствіе одинаковости изображеній буквы будутъ казаться нахо-

дящимися на плоскости; но если одна половина будетъ поддѣльной, полной точности быть не можетъ, и мы замѣтимъ, что буквы пріобрѣтаютъ рельефность [1]).

Таково примѣненіе стереоскопа, который называется стереоскопомъ Брьюстера.

Для психологическихъ цѣлей большой интересъ представляетъ стереоскопъ Уитстона. Это—стереоскопъ зеркальный (рис. 71). Въ немъ два зеркала ($З_1$ и $З_2$), находящіяся подъ угломъ, могутъ вращаться. По краямъ помѣщаются два ри-

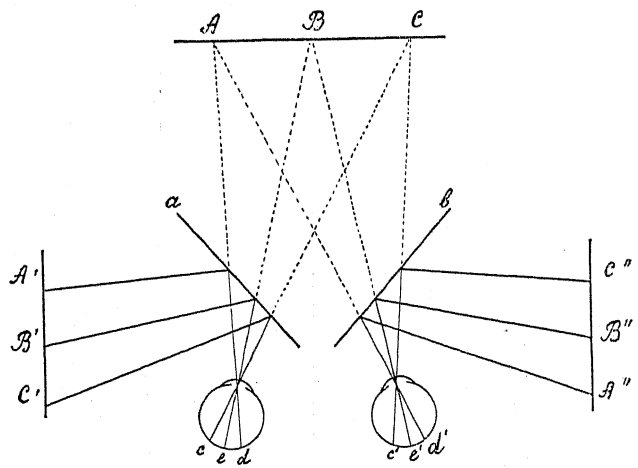


Рис. 72.

сунка ($к_1$ и $к_2$). Наблюдатель помѣщается передъ аппаратомъ такимъ образомъ, чтобы носъ его находился у мѣста соединенія зеркалъ. При опредѣленномъ положеніи зеркалъ вмѣсто двухъ рисунковъ онъ увидитъ одно рельефное изображеніе. Чертежъ 72 показываетъ устройство этого аппарата въ горизонтальномъ разрѣзѣ. Здѣсь изображены зеркала *a* и *b*, образующія уголъ въ 45° съ медіанной плоскостью; затѣмъ двѣ стѣнки, на которыхъ помѣщаются рисунки, подлежащіе стереоскопиче-

---

[1]) Въ коллекціи Martius Mellendorf'a имѣются интересныя въ психологическомъ отношеніи стереоскопическіе рисунки.

скому соединенію. Точка B' рисунка будетъ изображаться въ зеркалѣ, отражаться отъ него и идти въ глазъ, который будетъ видѣть ее въ направленіи B. Точка B'' будетъ изображаться въ зеркалѣ, отъ зеркала будетъ идти въ глазъ, и глазъ будетъ видѣть его въ направленіи B. Такимъ образомъ точки B' и B'' будутъ другъ съ другомъ сливаться.

Если мы будемъ стѣнки приближать къ зеркаламъ, или удалять отъ нихъ, то изображенія въ глазу будутъ или увеличиваться, или уменьшаться. Точно такимъ же образомъ можно измѣнять положеніе зеркалъ. Если отклонить зеркала въ одномъ или въ другомъ направленіи, то уголъ между ними увеличится или уменьшится. Вмѣстѣ съ этимъ оба глаза должны будутъ соотвѣтственнымъ образомъ повернуться, и ихъ конвергенція будетъ увеличиваться или уменьшаться. Такимъ образомъ, съ помощью этого стереоскопа можно измѣнять величину изображенія и конвергенцію, а вмѣстѣ съ этимъ можно опредѣлить, какое это окажетъ вліяніе на воспріятіе.

Если я буду смотрѣть указаннымъ выше способомъ на два какихъ-либо изображенія, то они сольются. Когда изображенія слились, я начинаю эти два рисунка придвигать къ себѣ такъ, чтобы при этомъ сліяніе не пропадало. Въ такомъ случаѣ я замѣчу, что рисунокъ дѣлается ближе и меньше, хотя фактически онъ остается неизмѣннымъ. Отчего это происходитъ? Если мы сдѣлаемъ попытку объяснить, отчего это происходитъ, то будетъ ясно, что мы имѣемъ дѣло съ тѣмъ факторомъ, которымъ обусловливается воспріятіе величины и разстоянія предмета.

Положимъ, мы имѣемъ двѣ стѣнки съ рисунками (рис. 73). Въ a будетъ одно зеркало, въ b—другое. Изображенія точекъ Al и Ar должны соединиться въ какой-нибудь точкѣ Blr. Подобно тому, какъ было прежде, мы будемъ видѣть ихъ одиночно. Что произойдетъ, если изображенія Al и Ar мы будемъ приближать къ себѣ? Точка Al передвинется и займетъ мѣсто $A'l$, а точка Ar передвинется и займетъ мѣсто $A'r$. Тогда ихъ изображенія передвинутся въ $B'r$ и $B'l$, и если

глаза и теперь будутъ стараться соединить стереоскопически оба эти изображенія, то они должны будутъ сильнѣе конвергировать, такъ что зрительныя линіи пересѣкутся въ точкѣ *B'lr*. Вслѣдствіе того, что глаза должны теперь конвергировать такъ, какъ если бы предметъ находился на болѣе близкомъ разстояніи, предметъ кажется ближе. Но отчего предметъ кажется меньше? Вѣдь изображеніе на сѣтчаткѣ остается тѣмъ же самымъ. Чтобы объяснить это, слѣдуетъ вспомнить, что, если изображеніе на сѣтчаткѣ относится на близкое разстояніе, то оно кажется маленькимъ, если относится на большое разстояніе, кажется большимъ. Въ нашемъ случаѣ изображеніе на сѣтчаткѣ остается той же величины, но такъ какъ относится на близкое разстояніе, то предметъ кажется меньше: относится же на близкое разстояніе потому, что глаза конвергируютъ на близкое разстояніе.

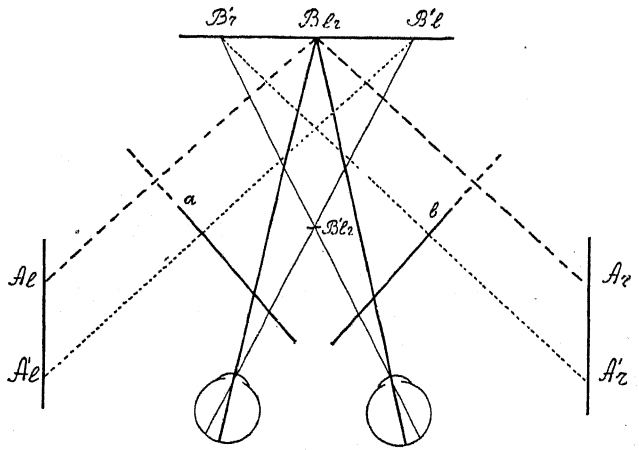


Рис. 73.

Этотъ опытъ можетъ служить доказательствомъ того, что при воспріятіи разстоянія конвергенція имѣетъ извѣстное опредѣляющее значеніе.

Когда мы видимъ какой-нибудь предметъ, мы относимъ его на извѣстное разстояніе и помѣщаемъ на извѣстномъ мѣстѣ. Когда мы фиксируемъ какую-либо точку, то мы локали-

зуемъ ее въ точкѣ пересѣченія зрительныхъ линій. Между локализаціей и зрительными линіями есть какъ будто какая-то связь.

По теоріи проекціи, мы всѣ зрительныя ощущенія проицируемъ внѣ насъ по зрительнымъ линіямъ. Ощущенія локализуются нами всегда такъ, что мы выносимъ ихъ по зрительнымъ линіямъ. Если мы лѣвымъ и правымъ глазомъ видимъ одну и ту же точку, то зрительное ощущеніе этой точки относится по зрительнымъ линіямъ вплоть до этой точки.

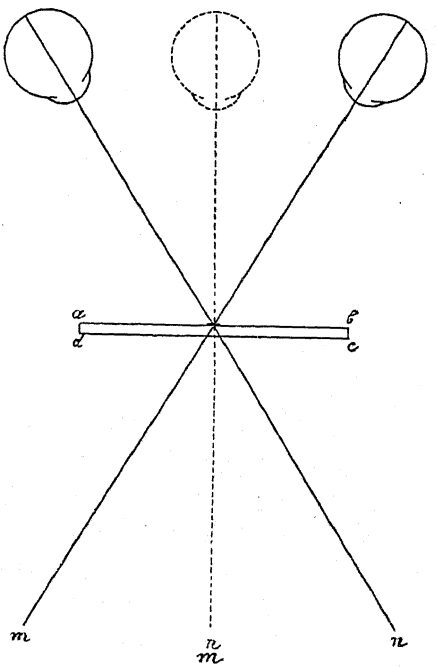


Рис. 74.

Во второй половинѣ XIX в., и даже нѣсколько раньше, была отмѣчена неправильность теоріи проекціи. Въ самомъ дѣлѣ, нельзя относить ощущенія по какимъ-то линіямъ, о существованіи которыхъ мы въ процессѣ воспріятія ничего не знаемъ.

Герингъ предполагаетъ, что въ процессѣ локализаціи зрительныя линіи не играютъ никакой роли, потому что мы видимъ предметъ не по направленію зрительныхъ линій, а по направленію линіи, которая идетъ по медіанной плоскости головы, находится между зрительными линіями. Мы видимъ предметъ по линіи, которая исходитъ какъ бы отъ глаза, помѣщающагося между двумя реальными глазами, т.-е. отъ циклопическаго глаза. Наши реальные глаза какъ будто совпадаютъ, и отъ этого циклопическаго глаза идетъ проицированіе ощущеній. Эта теорія носитъ названіе теоріи тождественныхъ направленій, потому что оба глаза проицируютъ ощущенія въ одномъ и томъ же направленіи.

Что мы не локализуемъ по зрительнымъ линіямъ, Герингъ поясняетъ съ помощью такого опыта. На оконномъ стеклѣ *abcd* дѣлаю черное пятнышко. Затѣмъ черезъ это пятнышко я смотрю въ окно лѣвымъ глазомъ такъ, чтобы увидѣть дерево *m*, которое находится передъ окномъ на извѣстномъ разстояніи. Правый глазъ у меня закрытъ, я смотрю лѣвымъ черезъ точку: вижу точку и дерево. Затѣмъ закрываю лѣвый глазъ и смотрю правымъ черезъ ту же точку; я вижу въ отдаленіи церковь *n*. Если я послѣ этого открою оба глаза и буду смотрѣть черезъ эту точку, то увижу и дерево и церковь въ одномъ направленіи; они будутъ находиться въ состояніи борьбы полей зрѣнія, но будутъ видимы въ одномъ направленіи $\frac{n}{m}$, въ направленіи какъ бы отъ циклопическаго глаза.

Этимъ доказывается, что мы не относимъ ощущеній по зрительнымъ линіямъ: вмѣсто двухъ линій, по которымъ надо было бы относить ощущенія, у насъ есть одна линія, по которой мы выносимъ ощущенія. Этотъ законъ называется закономъ тождественныхъ направленій, который можетъ быть демонстрированъ съ помощью простого прибора: стекла съ черной точкой и картона, на которомъ изображены дерево и маякъ. Вы имитируете вышеприведенный опытъ: закрываете лѣвый глазъ и видите дерево черезъ точку; верхушка дерева сливается съ этой точкой; закрываете правый глазъ и, двигая взадъ и впередъ отъ себя стекло, достигаете того, что видите верхушку маяка. Если теперь откроете оба глаза, то увидите дерево и маякъ въ одномъ направленіи.

Имѣетъ ли значеніе конвергенція и аккомодація для воспріятія третьяго измѣренія или глубины предметовъ?

По мнѣнію нѣкоторыхъ психологовъ, главная роль при опредѣленіи разстоянія предметовъ отъ насъ принадлежитъ конвергенціи и мышечнымъ ощущеніямъ, связаннымъ съ движеніями глазъ. Если напряженіе больше, то мы видимъ предметъ ближе, если же напряженіе меньше, то мы видимъ предметъ дальше и т. п.

Чтобы доказать, что мускульныя ощущенія играютъ второ-

степенную роль, или даже не играютъ никакой роли при воспріятіи третьяго измѣренія, Герингъ произвелъ эксперименты на аппаратѣ, который называется Fallapparat (рис. 75). Аппаратъ этотъ заключается въ слѣдующемъ. Черезъ трубу *b*, которая закрываетъ для насъ всю обстановку, мы можемъ фиксировать только какую-либо точку *a*, напр., маленькій шарикъ изъ мѣла, прикрѣпленный къ тонкой проволокѣ. Позади слѣдуетъ поставить сѣрый картонъ, образующій однообразный фонъ. Испытуемый долженъ твердо фиксировать указанную точку, т.-е. нужно, чтобы онъ видѣлъ только эту точку, и чтобы глаза не приходили въ движеніе. Экспериментаторъ бросаетъ шарикъ или впереди, или позади фиксируемой точки. Шарикъ падаетъ, не издавая звука. Испытуемый долженъ опредѣлить, гдѣ упалъ шарикъ, впереди или позади фиксируемой точки. При пользованіи бинокулярнымъ зрѣніемъ испытуемый всегда точно опредѣляетъ мѣсто паденія шарика, впереди или позади фиксируемой точки. На что опирается испытуемый при опредѣленіи положенія движущагося шарика? Глаза не производятъ никакого движенія, потому что время паденія шарика такъ необычайно мало, что никакого движенія аккомодаціи или конвергенціи произвести нельзя. Время паденія шарика, напр., равняется 0,0940—0,0945 сек. Это время настолько незначительно, что нѣтъ возможности

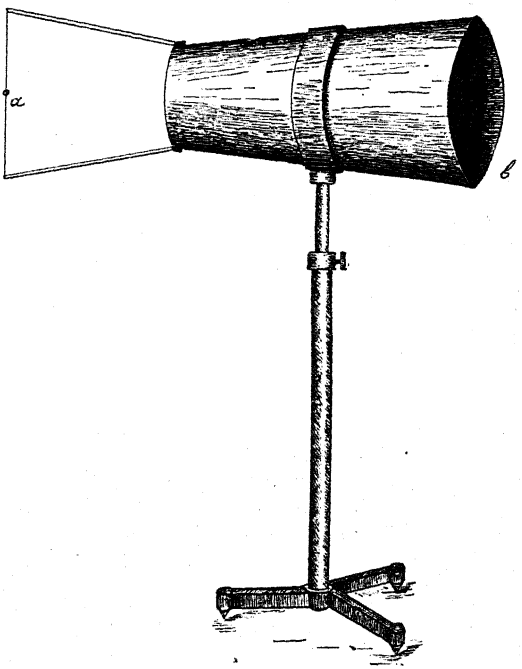


Рис. 75.

произвести ни аккомодаціи ни конвергенціи, а между тѣмъ глазъ точно опредѣляетъ положеніе падающаго шарика относительно фиксаціонной точки. При пользованіи монокулярнымъ зрѣніемъ разстояніе опредѣляется неточно, и часто дѣлаются ошибки.

По мнѣнію Геринга, изъ этихъ опытовъ слѣдуетъ, что мускульное чувство не играетъ никакой роли при оцѣнкѣ разстоянія предметовъ. Главнымъ опорнымъ пунктомъ при этой оцѣнкѣ являются изображенія на сѣтчаткѣ, и именно, то мѣсто сѣтчатки, на которое падаетъ изображеніе. Если шарикъ падаетъ позади фиксаціонной точки, то изображенія шарика падаютъ на носовую часть сѣтчатокъ; если шарикъ падаетъ

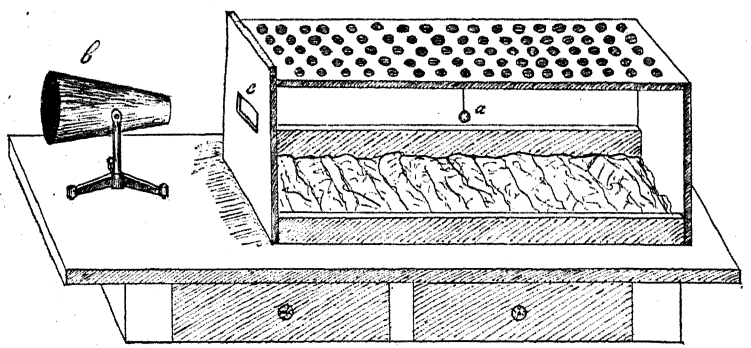


Рис. 76.

впереди фиксаціонной точки, то изображенія его падаютъ на височныя части обѣихъ сѣтчатокъ. Только благодаря различію возбуждаемыхъ мѣстъ сѣтчатокъ, сознаніе и опредѣляетъ положеніе падающей точки. Слѣдовательно, мѣсто возбужденія сѣтчатки есть единственное условіе воспріятія разстоянія, конвергенція же и аккомодація не играютъ никакой роли.

Грееѳъ поставилъ эксперименты Геринга въ болѣе усовершенствованномъ видѣ [1]). Его аппаратъ (рис. 76) представляетъ ящикъ удлиненно-кубической формы. Этотъ ящикъ имѣетъ крышку съ отверстіями, черезъ которыя можно бросать шарикъ. Шарикъ падаетъ на дно ящика, которое устлано ватой, чтобы

[1]) См. его статью: Untersuchungen über binoculares Sehen mit Anwendung des Hering'schen Fallversuchs. Zeitschrift für Psychologie. B. III, стр. 21 и слѣд.

шарикъ при паденіи не издаваль никакого звука. Шарикъ для фиксаціи *a* подвѣшивается при помощи тонкой нитки и разсматривается черезъ отверстіе *c*, передъ которымъ помѣщается труба *b*. Назначеніе этой трубы—закрывать все окружающее при разсматриваніи фиксаціонной точки. Отверстія на крышкѣ ящика находятся на опредѣленномъ другъ отъ друга разстояніи. Этимъ дается возможность точно опредѣлять разстояніе падающаго шарика отъ мѣста фиксируемой точки.

Греефъ задался цѣлью показать, что конвергенція при опредѣленіи положенія падающей точки роли не играетъ, что ее можно устранить, и тѣмъ не менѣе эта оцѣнка будетъ совершаться вполнѣ точно. Это онъ доказалъ слѣдующимъ образомъ съ помощью отклоняющихъ призмъ. Если отъ точки *f* (рис. 77) идетъ лучъ черезъ призму, находящуюся передъ лѣвымъ глазомъ, онъ преломляется въ призмѣ по направленію къ основанію, и точка *f* будетъ видима въ направленіи *a'*; въ зависимости отъ величины преломляющаго угла призмы отклоненіе будетъ больше или меньше.

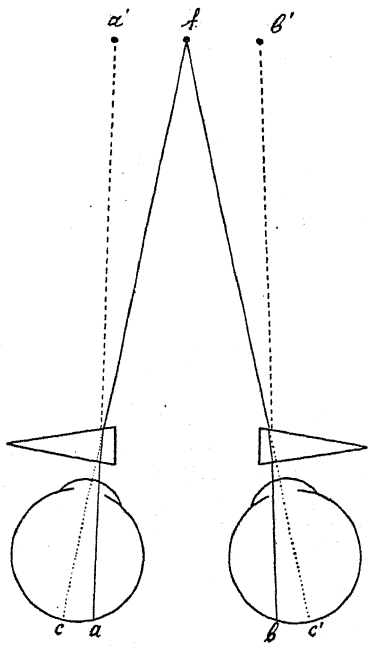


Рис. 77.

Для того, чтобы при помощи отклоняющихъ призмъ устранить конвергенцію, нужно заставить испытуемаго воспринимать не при такомъ состояніи, когда глаза конвергируютъ, а когда они находятся въ состояніи параллельности. Это можно сдѣлать такимъ образомъ. Если на пути луча, идущаго въ лѣвый глазъ, мы поставимъ призму основаніемъ внутрь, то лучъ перемѣнитъ направленіе и изображеніе *f* будетъ падать не въ *c*, а внутрь, въ носовую часть. Лучъ отклоняется и принимаетъ направленіе *a'* (рис. 77). Глазъ

долженъ повернуться для того, чтобы лучъ падалъ не въ носовую часть, а въ желтое пятно. Сдѣлавши такой поворотъ, онъ перестаетъ конвергировать и принимаетъ параллельное положеніе. Но хотя, благодаря отклоняющей призмѣ, глаза не конвергируютъ, тѣмъ не менѣе изображеніе точно локализуется. Субъектъ, у котораго передъ однимъ глазомъ находится такое стекло, невзирая на то, что глаза не конвергируютъ, точно воспринимаетъ, впереди или позади фиксируемой точки падаетъ шарикъ. Что это показываетъ? Это показываетъ, что роль конвергенціи является второстепенной въ процессѣ воспріятія глубины.

Если употребить не одно стекло, а два, и попрежнему фиксировать указанную точку, и при этомъ фиксаціонная точка будетъ видима вдвойнѣ, то всѣ другія точки перемѣстятся въ глазу такимъ образомъ, что изображенія, которыя раньше падали въ височную часть, теперь будутъ падать въ носовую часть. Въ самомъ дѣлѣ, разъ фиксаціонная точка кажется вдвойнѣ, то значитъ, изображенія отодвинулись къ носовой части. Тогда всякое вновь появляющееся изображеніе падаетъ въ носовую часть, т.-е. получается какъ разъ то условіе, которое бываетъ, когда предметъ дѣйствительно падаетъ позади фиксаціонной точки. Вслѣдствіе этого падающій шарикъ при этихъ условіяхъ всегда будетъ казаться находящимся позади фиксируемой точки, даже, если онъ падаетъ передъ фиксаціонной точкой. Это объясняется тѣмъ, что изображеніе шарика, отклоняемое призмами, помѣщается въ такомъ мѣстѣ сѣтчатки, въ какое оно падаетъ въ томъ случаѣ, когда шарикъ падаетъ позади фиксаціонной точки. Изъ этого ясно, что при оцѣнкѣ положенія падающаго шарика мы руководствуемся не конвергенціей и не аккомодаціей, а тѣмъ, на какое мѣсто сѣтчатки падаетъ изображеніе.

Если точку фиксаціи отодвинуть на разстояніе 7—10 метровъ, на которомъ глаза не аккомодируютъ и не конвергируютъ, то, невзирая на это, положеніе падающей точки мы опредѣляемъ довольно точно. Это является доказательствомъ того, что въ процессѣ воспріятія глубины главное значеніе принадлежитъ не мышечному ощущенію аккомодаціи и конвергенціи, а изо-

браженію на сѣтчаткѣ. Fallapparat Геринга служитъ также для того, чтобы показать, что монокулярное и бинокулярное зрѣніе отличаются другъ отъ друга: монокулярное зрѣніе менѣе точно, чѣмъ бинокулярное.

Задача 29. Получить двойственныя изображенія. Разсмотрѣть различіе между гетеронимными и гомонимными изображеніями. Нарисовать схему ихъ.

Задача 30. Ознакомиться со свойствами призмы. Что такое основаніе призмы? Что такое преломляющій уголъ? Поставьте передъ однимъ глазомъ призму съ основаніемъ къ носу и разсматривайте какую-нибудь точку, находящуюся поблизости отъ васъ. Что сдѣлается съ изображеніемъ точки, и что долженъ сдѣлать глазъ, чтобы изображеніе этой точки падало въ желтое пятно? Поставьте передъ обоими глазами призмы съ основаніями внутрь, но возьмите призмы съ такимъ преломляющимъ угломъ, чтобы глаза были въ состояніи соединять расходящіяся изображенія.

Задача 31. Опытъ Геринга для доказательства теоріи тождественныхъ зрительныхъ направленій.

Задача 32. Опыты со стереоскопомъ Брьюстера, описанные въ текстѣ.

Задача 33. Опыты со стереоскопомъ Уитстона, описанные въ текстѣ.

Задача 34. Опыты съ Fallapparat'омъ Геринга. Опыты съ Fallapparat'омъ Греефа въ томъ видѣ, какъ это описано въ текстѣ. Отмѣтить показанія самонаблюденія.

Литература.

Le Conte. Die Lehre vom Sehen. Lpz. 1883.

Bourdon. La perception visuelle de l'espace. Paris. 1902.

Вундтъ. Лекціи о душѣ человѣка и животныхъ.

Hering. Der Raumsinn und Bewegungen des Auges въ Hermann's Handbuch der Physiologie. 1879, B. III, Theil. I. 343—601.

Герингъ. Пространственное чувство и движенія глаза въ „Руководствѣ къ физіологіи" Германа. Т. 3-й, часть 1-я, II половина. Спб. 1887.

Hofmann. Raumsinn des Auges въ Handbuch der physiologischen Methodik, herausg. von Tigerstedt. Dritter Band. 2 Abtheilung. Lpz. 1909.

Stöhr. Grundfragen der psychophysiologischen Optik. 1904.

Челпановъ. Проблема воспріятія пространства, ч. 1-я. Кіевъ, 1896.

ГЛАВА XI.

Хроноскопъ.

Разсмотримъ способы измѣренія времени простой реакціи.

Простая реакція заключается въ совершеніи какого-либо движенія (руки, пальца и т. п.) послѣ полученія заранѣе условленнаго впечатлѣнія. Экспериментаторъ даетъ испытуемому инструкцію, что, когда онъ воспримет, напр., какое-либо опредѣленное звуковое раздраженіе, то онъ долженъ произвести движеніе пальцемъ. Это будетъ движеніе реакціи.

Процессъ простой реакціи состоитъ изъ двухъ основныхъ психологическихъ моментовъ: воспріятія впечатлѣнія (перцепціи и апперцепціи впечатлѣнія) и волевого импульса.

Разсматриваемый съ точки зрѣнія физіологической, процессъ простой реакціи состоитъ изъ проведенія нервнаго возбужденія отъ органа чувствъ до движущаго аппарата.

Измѣреніе скорости реакціи заключается въ измѣреніи времени между началомъ дѣйствія раздраженія и между движеніемъ.

Для измѣренія скорости реакцій простыхъ и сложныхъ существуютъ различныя приспособленія. Самымъ общепринятымъ въ настоящее время, въ силу преимуществъ, съ которыми мы въ свое время познакомимся, является хроноскопъ Гиппа. Такъ какъ аппаратъ этотъ при пользованіи имъ представляетъ нѣкоторыя трудности вслѣдствіе того, что съ нимъ связаны электрическія приспособленія, довольно сложныя, я напомню нѣкоторыя свѣдѣнія изъ физики изъ отдѣла объ электричествѣ. Я пойду путемъ аналитическимъ; именно, познакомлю васъ съ

отдѣльными приспособленіями, которыя нужны для пониманія употребленія хроноскопа.

Начну съ гальваническаго элемента. Если у насъ есть банка, вообще сосудъ, въ которомъ находится водный растворъ сѣрной кислоты, куда погружены двѣ пластинки — мѣдная и цинковая, то между пластинками и жидкостью происходитъ химическое взаимодѣйствіе, въ результатѣ котораго возникаетъ электрическая сила. Электрическую силу, которая образуется у мѣдной пластинки *Cu* (рис. 78), обозначимъ черезъ *A*, а у цинковой *Zn*—черезъ *K*. Эта сила у мѣдной пластинки считается положительной, а у цинковой—отрицательной; обозначимъ ее черезъ + и —. Къ обѣимъ пластинкамъ припаяны мѣдныя проволоки, по которымъ идетъ токъ. Мѣсто соединенія у мѣдной пластинки называется положительнымъ полюсомъ, или анодомъ, а мѣсто соединенія у цинковой пластинки называется отрицательнымъ полюсомъ, или катодомъ. Анодъ и катодъ соединяются проволокой, и получается замкнутая цѣпь.

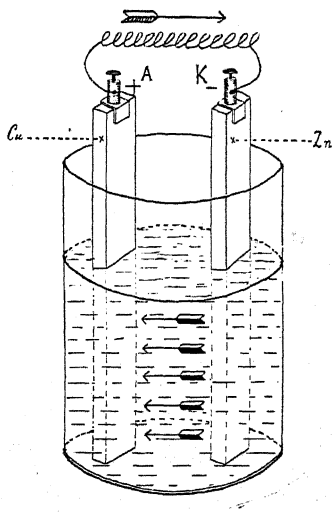


Рис. 78.

Электрическая сила идетъ отъ положительнаго полюса къ отрицательному. Эта система, дающая гальваническій токъ, называется гальваническимъ элементомъ. Гальваническіе элементы, употребляемые въ техникѣ, бываютъ различныхъ типовъ. Гальваническіе элементы носятъ названіе первичныхъ.

Въ послѣднее время употребляютъ не только гальваническіе элементы, въ которыхъ вслѣдствіе химическаго взаимодѣйствія образуется гальваническая сила, но и другіе элементы, которые называются вторичными, потому что черезъ нихъ пропускается электрическій токъ, происходитъ процессъ накопленія электричества, которымъ можно воспользоваться въ случаѣ надобности. Такой аппаратъ, въ которомъ вслѣдствіе пропу-

сканія тока кумулируется, накопляется энергія, называется аккумуляторомъ [1]).

Теперь ознакомимся съ тѣмъ, что представляетъ собой электромагнитъ, и при помощи какихъ приспособленій токъ замыкается и размыкается.

Если взять кусокъ мягкаго желѣза, намотать на него изолированную проволоку и пропустить черезъ эту послѣднюю электрическій токъ, то желѣзо пріобрѣтаетъ свойства магнита, оно намагничивается. Такой кусокъ желѣза, черезъ который пропущенъ электрическій токъ, называется электромагнитомъ.

Въ гальваническомъ элементѣ токъ, выходя изъ одного полюса и проходя, напр., черезъ электромагнитъ, черезъ другой полюсъ возвращается въ элементъ и опять прежнимъ путемъ движется къ другому полюсу; иначе говоря, токъ является непрерывнымъ, замкнутымъ. Но иногда необходимо бываетъ токъ прервать или, какъ въ этомъ случаѣ принято выражаться, разомкнуть его. Для этого существуютъ приспособленія, которыя называются ключами. Простѣйшій изъ этихъ ключей представляетъ собой слѣдующее (рис. 79). Существенныя части ключа—металлическій столбикъ *b* и металлическій же рычажокъ съ пуговкой для нажиманія *d*. Одна проволока батареи соединена съ зажимомъ или клеммой столбика *b*, другая—съ зажимомъ рычажка *a*. Чтобы между рычажкомъ и столбикомъ установилось соединеніе, нужно, преодолѣвъ сопротивленіе пружинки *e*, оттягивающей вверхъ рычажокъ, опустить его внизъ, придавливая пуговку до тѣхъ поръ, пока не произойдетъ соединеніе рычажка со столбикомъ. Тогда получится соединеніе, дающее токъ. Такое соединеніе называется обыкновенно контактомъ. Если есть контактъ, то есть и токъ. Въ этомъ можно

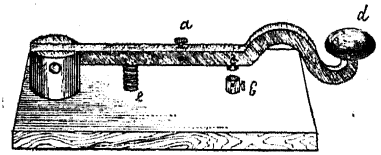


Рис. 79.

[1]) Объ этомъ см. подробнѣе Приложеніе 1-е.

убѣдиться, если ввести въ цѣпь электрическій звонокъ. Когда мы надавливаемъ пуговку внизъ, устанавливается соединеніе— въ этомъ случаѣ ключъ будетъ замкнутъ, токъ будетъ дѣйствовать, и звонокъ будетъ звучать. Если мы перестанемъ нажимать на пуговку, то въ силу дѣйствія пружины рычажокъ поднимается вверхъ, ключъ будетъ разомкнутъ, тока не будетъ, и звонокъ перестанетъ звучать. На рис. 80 *I* изображенъ ходъ тока при замыканіи ключа, когда клеммы *A* и *B* соединены съ батареей.

Употребленіе ключа для замыканія и размыканія тока вполнѣ ясно изъ этого примѣра. Но помимо этого простѣйшаго вида ключа, есть болѣе сложный, напримѣръ, такъ наз. реактивный ключъ, или ключъ для реакцій. Этотъ ключъ построенъ такъ же, какъ и тотъ, но только нѣсколько сложнѣе. Отличіе этого ключа отъ разсмотрѣннаго нами выше состоитъ въ томъ, что онъ имѣетъ не два зажима, а три, соединенныхъ между собой проводами такимъ образомъ, что при извѣстномъ комбинированіи ихъ можно поднятіемъ рычажка какъ замыкать, такъ и размыкать токъ, чего нельзя было дѣлать въ вышеуказанномъ ключѣ, гдѣ поднятіемъ рычажка мы всегда размыкаемъ токъ, опусканіемъ — замыкаемъ его. Эта возможность различнаго комбинированія при замыканіи и размыканіи тока въ реактивномъ ключѣ зависитъ отъ того, что съ нижней стороны зажимы ключа соединены проводами между собой такимъ образомъ, что, если, напримѣръ, намъ нужно опусканіемъ рычажка ключа замыкать токъ, то мы должны включить провода въ зажимы *A* и *B*; если же, наоборотъ, намъ нужно замыкать токъ поднятіемъ рычажка ключа, то мы должны включить провода въ *C* и *B*. На чертежахъ 80 *II* и 80 *III* показывается дѣйствіе этихъ ключей, въ которыхъ контактъ можетъ происходить въ двухъ мѣстахъ. Если мы пользуемся зажимами *A* и *B* для соединенія съ батареей, то при надавливаніи пуговки, т.-е. при опусканіи рычажка, будетъ устанавливаться контактъ со столбикомъ справа, и токъ будетъ замкнутъ. Если же соединить зажимы *B* и *C* съ батареей, рычажокъ опускается до соединенія съ правымъ столбикомъ,—

контакта нѣтъ. Если же рычажокъ поднимается, то устанавливается контактъ съ лѣвымъ столбикомъ. Такимъ образомъ, въ первомъ случаѣ токъ будетъ замкнутъ, когда рычажокъ опущенъ, во второмъ токъ будетъ замкнутъ, когда рычажокъ поднятъ.

Изъ другихъ ключей разсмотримъ тѣ, которые имѣютъ наиболѣе типическій характеръ.

Прежде всего разсмотримъ такъ наз. губной ключъ, кото-

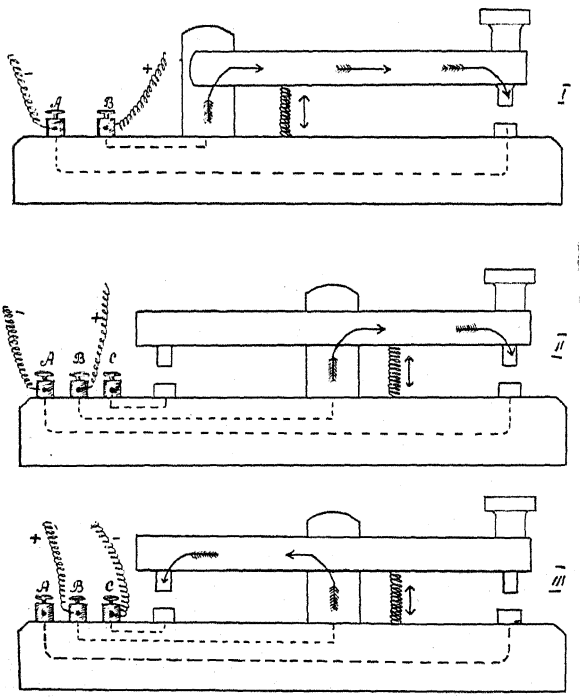


Рис. 80.

рый употребляется при изслѣдованіи реакцій, когда надо произвести движеніе губами. Ключъ (рис. 81) состоитъ изъ двухъ стержней, верхняго и нижняго. Часть верхняго стержня эбонитовая, изолирующая, не проводящая электричества (на рис. изображена черной). Нижній стержень можетъ двигаться вверхъ и внизъ около оси, такъ что можетъ устанавливаться контактъ съ *c* и *b*. Часть, обозначенная *A*, состоитъ изъ кости. Назо-

вемъ ее костянымъ мундштукомъ. При помощи этого ключа, какъ и при помощи вышеуказанныхъ, можно токъ замыкать и размыкать. Въ верхнемъ стержнѣ имѣются три клеммы *a*, *b*, *c*. Если соединить батарею съ клеммами *a* и *c* и взять мундштукъ *A* въ ротъ, то поднятіемъ нижняго стержня и соприкосновеніемъ штифта съ выпуклостью верхняго стержня у клеммы *c* устанавливается соединеніе тока. Наоборотъ, если мундштукъ опускается, когда мы его выпускаемъ изо рта, то соединеніе прерывается, и тока нѣтъ. Слѣдовательно, поднятіемъ мундштука токъ замыкается, а опусканіемъ его токъ размыкается. Если же мы соединимъ батарею съ клеммами *a* и *b*, то при поднятомъ положеніи мундштука нѣтъ тока, но когда мундштукъ опускается, то металлическая часть нижняго стержня падаетъ на штифтикъ *B*, который соединенъ съ металлической частью верхняго стержня, и токъ замыкается.

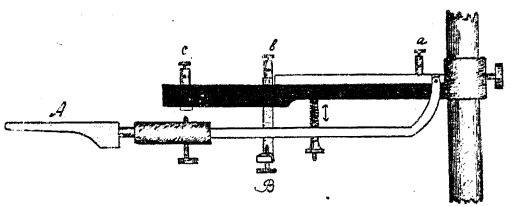


Рис. 81.

Такимъ образомъ, при помощи реактивнаго движенія можно и размыкать и замыкать токъ. Обычно губной ключъ прикрѣпляется къ особому стержню; испытуемый садится и беретъ въ ротъ костяной мундштукъ, токъ замыкается; когда слово произносится, токъ размыкается. При другой комбинаціи, когда мундштукъ во рту, тока нѣтъ; когда произносится слово, высвобождается мундштукъ, получается соединеніе.

Такихъ ключей или размыкателей мы увидимъ впослѣдствіи нѣсколько.

Теперь познакомимся съ тѣмъ, что называется якоремъ въ электромагнитныхъ приборахъ. На электрическомъ звонкѣ мы видимъ, что къ электромагниту, когда черезъ него проходитъ токъ, притягивается кусокъ желѣза, который называется якоремъ. Якорь притягивается электромагнитомъ въ тотъ моментъ, когда токъ замыкается; когда токъ размыкается, то якорь ходитъ отъ электромагнита въ силу дѣйствія пружины.

Самое совершенное пользованіе электромагнитомъ было бы въ томъ случаѣ, если бы магнитъ, какъ только замыкается токъ, въ то же мгновеніе притягивалъ этотъ якорь, и если бы, съ другой стороны, какъ только токъ размыкается, якорь падалъ бы. Но обыкновенно этого нѣтъ. Хотя токъ разомкнутъ, и тока, повидимому, нѣтъ въ цѣпи, однако якорь не отходитъ отъ электромагнита, потому что въ этомъ послѣднемъ содержится нѣкоторое количество магнетизма, который называется остаточнымъ. Чтобы устранить этотъ недостатокъ, надо примѣнить способъ, при помощи котораго можно было бы устранить остаточный магнетизмъ. Для этого слѣдуетъ заставить токъ въ электромагнитѣ итти въ обратномъ направленіи. Для того, чтобы заставить токъ итти въ разныхъ направленіяхъ, существуетъ приборъ, который называется коммутаторомъ. Его простѣйшій видъ представляетъ слѣдующее (рис. 82). Онъ представляетъ дощечку и на ней клеммы съ отверстіями a и b, въ которыя можетъ быть вставлена луночка AB. Тогда токъ пойдетъ къ аппарату. Положимъ, черезъ B идетъ плюсъ. Онъ пойдетъ черезъ b въ аппаратъ и обратно въ элементъ пойдетъ черезъ a. Но перемѣстимъ луночку такъ, какъ изображено на рис. II; теперь плюсъ пойдетъ черезъ a, а черезъ b вернется въ элементъ. Такимъ образомъ, токъ въ электромагнитѣ сначала идетъ въ одномъ направленіи, а затѣмъ въ другомъ. Если въ электромагнитѣ

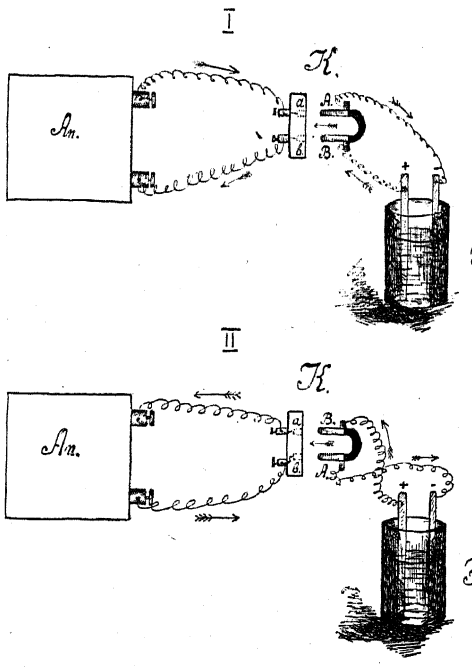


Рис. 82.

аппарата токъ входитъ сначала въ одномъ направленіи, а затѣмъ въ другомъ, то происходитъ нейтрализація, въ силу которой устраняется вліяніе остаточнаго магнетизма.

Для обращенія тока вообще употребляется такъ называемый Полевскій коммутаторъ, или переключатель, называемый также инверсоромъ (рис. 83).

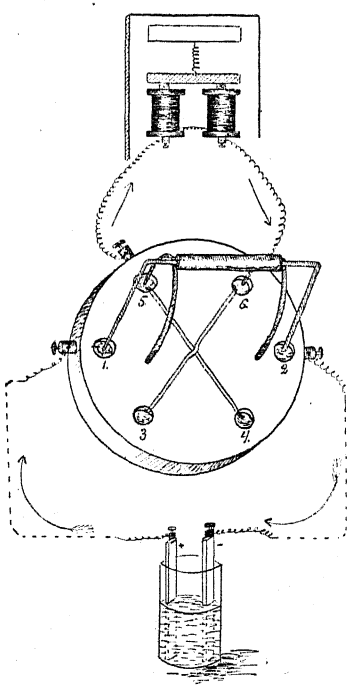


Рис. 83.

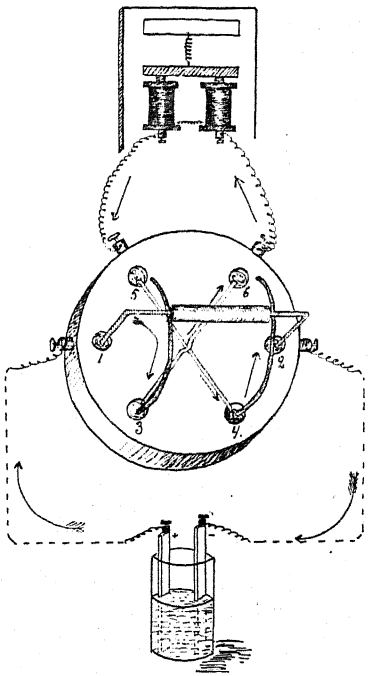


Рис. 84.

Устройство его таково. Приборъ представляетъ круглую дощечку, на которой есть 6 ямочекъ, наполненныхъ ртутью, которая, какъ всѣ металлы, является проводникомъ электричества. Каждая ямочка соединена проводами съ соотвѣтствующей ей клеммой. Кромѣ того на рисункѣ видно, что ямочки соединены между собою при помощи проволокъ, и имѣется качалка. При помощи этого аппарата мы должны обратить токъ, какъ дѣлали это съ помощью вышеуказаннаго простого аппарата. Обозначимъ каждую клемму, соотвѣтствующую ямкѣ со ртутью,

числомъ, какъ это сдѣлано на рис. 83. Въ 1-ю и 2-ю клеммы проводимъ провода отъ элементовъ, въ 5-ю и 6-ю клеммы— провода отъ того прибора, къ которому хотимъ провести токъ. Если мы качалкѣ придадимъ положеніе, которое имѣется на рис. 83, то соединятся ямочки 1-я съ 5-ой и 2-я съ 6-й. Именно, токъ пойдетъ отъ элемента сначала въ ямочку 1, затѣмъ черезъ металлическія части качалки въ ямочку 5, отсюда къ электромагниту, оттуда въ ямочку 6 и черезъ металлическія части качалки въ ямочку 2 и обратно въ элементъ.

Но перенесемъ качалку въ другую сторону (рис. 84). Тогда между ямочками 1 и 3, 2 и 4 устанавливается соединеніе черезъ посредство металлическихъ частей качалки. Токъ теперь будетъ итти отъ 1-ой клеммы въ 3-ю, отъ 3-й въ 6-ю, затѣмъ въ электромагнитъ и черезъ 5-ю, 4-ю и 2-ю ямочки возвратится въ элементъ. Ясно, что токъ перемѣнилъ свое направленіе. Прежде онъ шелъ отъ 5-й ямочки черезъ электромагнитъ въ 6-ю; теперь идетъ отъ 6-й ямочки черезъ электромагнитъ въ 5-ю. Слѣдовательно, съ помощью этого коммутатора, или переключателя, мы имѣемъ возможность обращать токъ, мѣнять направленіе тока. Это, какъ мы видѣли, необходимо для уничтоженія вліянія остаточнаго магнетизма.

Теперь перейдемъ къ понятію сопротивленія электрической проводимости и познакомимся съ нимъ въ той мѣрѣ, въ какой это необходимо для практическаго примѣненія его при пользованіи хроноскопомъ. Для уясненія понятія сопротивленія я воспользуюсь тѣми аналогіями, которыми обыкновенно пользуются въ физикѣ.

Прохожденію тока черезъ проволоку оказывается сопротивленіе большее или меньшее. Если мы обратимъ вниманіе на то, что прохожденіе тока по проводу напоминаетъ теченіе воды въ трубѣ, то на вопросъ, какая проволока представляетъ большее сопротивленіе для прохожденія тока — толстая или тонкая, нетрудно отвѣтить, что, конечно, тонкая, потому что въ тонкой проходъ тѣснѣе, а въ толстой проволокѣ токъ можетъ проходить свободнѣе, сопротивленіе будетъ, такимъ образомъ, больше въ тонкой проволокѣ. Далѣе, если мы возьмемъ двѣ

проволоки одинаковой толщины, но одну длинную, а другую короткую, то сопротивленіе будетъ больше въ длинной проволокѣ, потому что току приходится пройти большій путь. Иногда необходимо бываетъ сопротивленіе, которое имѣется во всякомъ токѣ, регулировать, т.-е. дѣлать его больше или меньше. Для этой цѣли существуютъ особые аппараты, которые называются реостатами или сопротивителями (рис. 85).

Сущность этого прибора заключается въ слѣдующемъ. Къ двумъ стойкамъ прикрѣпленъ цилиндръ D, на который густо намотана длинная проволока. Одинъ конецъ этой проволоки выходитъ въ клемму B, а другой—въ A. Надъ цилиндромъ, параллельно ему, прикрѣпленъ металлическій стержень, по кото-

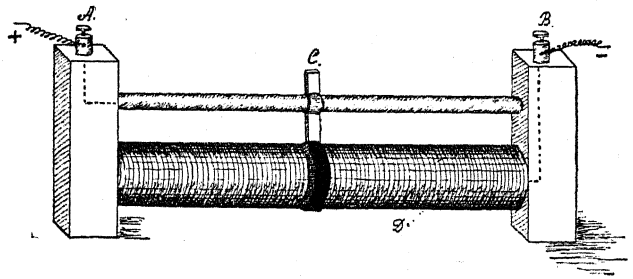


Рис. 85.

рому можетъ передвигаться металлическій штифтикъ C, устанавливающій связь между металлическимъ стержнемъ и проволокой, намотанной на цилиндръ, такъ что, если клеммы A и B соединить съ батареей, то токъ будетъ идти отъ клеммы A въ металлическій стержень, затѣмъ черезъ штифтикъ C пойдетъ въ проволоку цилиндра и черезъ клемму B будетъ итти обратно въ батарею. Токъ будетъ имѣть опредѣленную силу. Часть тока будетъ идти на преодолѣніе сопротивленія проволоки. Благодаря передвиженію штифтика C, сопротивленіе можно дѣлать большимъ или меньшимъ, и именно, слѣдующимъ образомъ. Какая разница будетъ въ сопротивленіи при первомъ положеніи штифтика (рис. 86) и при второмъ положеніи (рис. 87)? При первомъ положеніи штифтика C токъ проходитъ отъ клеммы A по стержню до штифтика C, затѣмъ, пройдя нѣкоторое количество

завитковъ, идетъ обратно въ батарею; при второмъ положеніи штифтика *C* путь тока будетъ тотъ же самый. При первомъ положеніи токъ долженъ будетъ пройти по большему количеству завитковъ, и поэтому сопротивленіе будетъ больше,

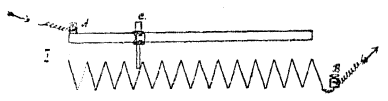


Рис. 86.

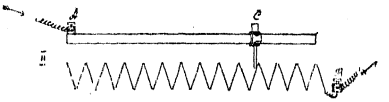


Рис. 87.

чѣмъ при второмъ положеніи, а вслѣдствіе этого токъ будетъ слабѣе. Если мы будемъ передвигать штифтъ такимъ образомъ, чтобы захватывать все больше и больше количества проволоки, то сопротивленіе будетъ больше, и токъ будетъ слабѣе. При помощи реостата мы имѣемъ возможность регулировать токъ, передвигая штифтикъ чуть-чуть, захватывая лишь одинъ завитокъ. Такимъ образомъ, сопротивленіе можно увеличивать или уменьшать въ той мѣрѣ, въ какой это намъ нужно.

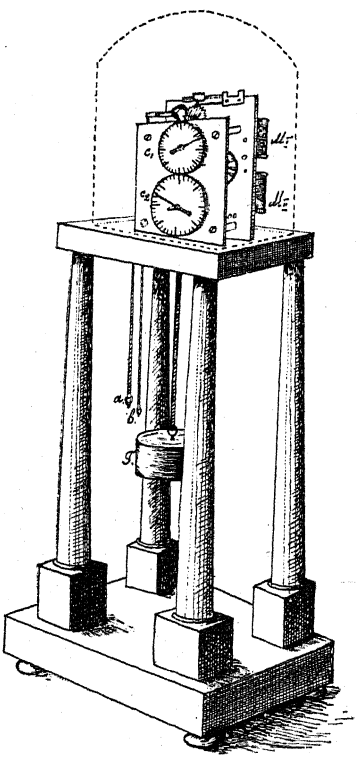


Рис. 88.

Вотъ свѣдѣнія изъ электротехники, которыя необходимы для пользованія хроноскопомъ. Теперь разсмотримъ, какъ отсчитывается время на хроноскопѣ.

Хроноскопъ снабженъ совершенно такимъ же механизмомъ, какъ обыкновенные часы, только у него имѣются два циферблата (рис. 88). Для чего существуютъ эти два циферблата, и какъ ими пользоваться? Когда гиря хроноскопа приходитъ въ движеніе, то стрѣлки движутся и на верхнемъ и на нижнемъ циферблатѣ. Какая разница между ними?

Чтобы вы умѣли отсчитывать на циферблатахъ, укажу различіе, какое существуетъ между ними. На нижнемъ циферблатѣ стрѣлка движется медленнѣе, чѣмъ на верхнемъ. На верхнемъ циферблатѣ стрѣлка дѣлаетъ полный кругъ въ теченіе 1/10 секунды, а такъ какъ дѣленій 100, то каждое дѣленіе проходится въ 0,001 секунды. Когда стрѣлка верхняго циферблата дѣлаетъ полный оборотъ, тогда нижняя стрѣлка передвигается только на одно дѣленіе, значитъ, нижняя стрѣлка проходитъ одно дѣленіе въ теченіе 1/10 секунды.

Если бы стрѣлка нижняго циферблата занимала положеніе прямо противъ дѣленій 10, 15 и т. д., легко было бы отсчитать. Если бы стрѣлка стояла, положимъ, на 5, то мы сказали бы, что прошло 5/10 секунды. Если бы на 10—10/10 или 1 секунда: если бы на 25—2,5 секунды, на 65—6,5 секунды и т. д. Но часто стрѣлка останавливается между дѣленіями, ближе къ одному и дальше отъ другого. Если стрѣлка остановилась между 25 и 26, тогда надо отсчитать, кромѣ 25, и ту еще часть, которую прошла стрѣлка. На глазъ опредѣлить ее мы не можемъ, но можемъ сдѣлать это, посмотрѣвши на положеніе стрѣлки верхняго циферблата. Если стрѣлка верхняго циферблата стоитъ, напр., на 76 дѣленіи, то это равняется 0,076 сек.

Если на нижнемъ циферблатѣ стрѣлка остановилась на 25 съ чѣмъ-то, съ какой-то частью, которая на верхнемъ циферблатѣ обозначается 76, мы пишемъ: 2,5

$$\begin{array}{r} +0{,}076 \\ \hline 2{,}576. \end{array}$$

Если обратить вниманіе на этотъ способъ обозначенія, то записываніе показаній хроноскопа можно облегчить слѣдующимъ образомъ. Если на нижнемъ циферблатѣ у насъ 2,5, на верхнемъ 0,076, то слѣдуетъ прямо къ 2,5 приписывать справа 76. Такимъ образомъ, прочитавши показанія нижняго циферблата, слѣдуетъ къ нему приписать показанія верхняго циферблата.

Одну тысячную долю секунды принято обозначать при помощи σ, и тысячная доля секунды называется просто сигма.

Задача 35. Ознакомьтесь съ устройствомъ реактивныхъ ключей.

Задача 36. Ознакомьтесь съ устройствомъ и дѣйствіемъ губного ключа. Разсмотрите всѣ возможныя соединенія. Разсмотрите, какъ при помощи одного и того же ключа можно замыкать и размыкать токъ.

Задача 37. Ознакомьтесь съ дѣйствіемъ коммутатора.

Задача 38. Ознакомьтесь съ дѣйствіемъ реостата. Для того, чтобы констатировать ослабленіе и усиленіе тока, слѣдуетъ взять гальванометръ, но можно пользоваться просто звонкомъ.

Задача 39. Ознакомьтесь со считываніемъ съ хроноскопа.

ГЛАВА XII.

Хроноскопъ.

(*Продолженіе.*)

Стрѣлки хроноскопа приводятся въ движеніе при помощи такого же механизма, какъ и въ обыкновенныхъ часахъ, приводимыхъ въ дѣйствіе тяжестью гири, съ тою только разницей, что въ часахъ, если движущій механизмъ пускается въ ходъ, то стрѣлки тоже приходятъ въ движеніе. Въ хроноскопѣ мы можемъ разъединить движеніе стрѣлокъ и движущій механизмъ, т.-е. движущій механизмъ можетъ приходить въ дѣятельное состояніе, а стрѣлки тѣмъ не менѣе будутъ неподвижны. Такого рода произвольное введеніе стрѣлокъ въ сообщеніе съ движущимъ механизмомъ и разъединеніе ихъ происходитъ съ помощью электромагнитовъ M_1 и M_{II}, которые находятся въ противоположной циферблату части хроноскопа (рис. 88).

Движущій механизмъ хроноскопа состоитъ въ слѣдующемъ (рис. 89 и 90). Шнуръ, на которомъ подвѣшена гиря, наматывается на валъ B. Своею тяжестью гиря заставляетъ этотъ валъ вертѣться и тѣмъ приводитъ въ движеніе колесо R_1, наглухо соединенное съ валомъ B. Это колесо при помощи шестерни r_1 передаетъ движеніе другому колесу R_2, которое въ свою очередь при помощи шестерни r_2 передаетъ движеніе, гораздо болѣе ускоренное, колесу R_3. На одной оси съ этимъ колесомъ укрѣплено колесо l, покрытое зубцами со стороны, обращенной къ циферблатамъ. Это колесо приводится въ движеніе вмѣстѣ съ колесомъ R_3. Какъ разъ напротивъ колеса помѣщается другое аналогичное колесо, но только зубцы его направлены въ сторону, обратную циферблатамъ, и оно укрѣплено неподвижно. При помощи шестерни r_3 колесо R_3 передаетъ движеніе зубчатому колесу D, содержащему 60 зубцовъ. При своемъ вращеніи оно задѣваетъ каждымъ зубцомъ за упругую пластинку e. Назначеніе этой послѣдней—дать механизму равномѣрный ходъ, устраняя

ускореніе движенія. Механизмъ пускается въ ходъ нажатіемъ на рычагъ c_1; тогда пружина g_1 заставляетъ подняться короткое плечо рычага c_2 и опуститься длинное лѣвое плечо, которое до сихъ поръ при помощи зубца t удерживало механизмъ въ покойномъ состояніи.

Останавливается механизмъ нажатіемъ на рычагъ c_2; въ этомъ случаѣ пружина g_2 заставляетъ рычагъ t стать на прежнее мѣсто.

На рис. 88 изображенъ внѣшній видъ хроноскопа Гиппа. Съ правой стороны висятъ два шнурка. Если дернуть за одинъ изъ нихъ a, то движущій механизмъ приходитъ въ дѣйствіе; если дернуть за другой b, то движеніе механизма останавливается.

Въ хроноскопѣ имѣется два электромагнита; мы назовемъ ихъ верхними электромагнитами и нижними. Спрашивается, каково ихъ назначеніе и въ чемъ ихъ различіе?

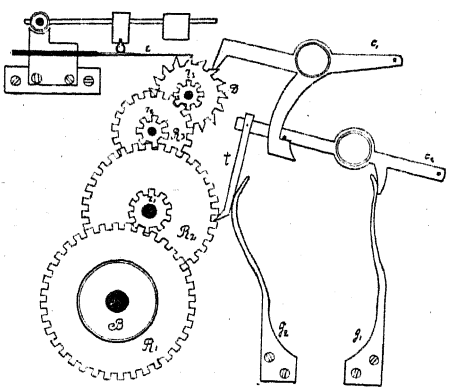


Рис. 89.

Прежде всего обращаю ваше вниманіе на самое главное приспособленіе, благодаря которому стрѣлки могутъ приходить въ движеніе или оставаться въ покоѣ, несмотря на то, что движущаяся часть механизма приходитъ въ дѣятельное состояніе. На рисункѣ 90 Гипповскій хроноскопъ изображенъ въ разрѣзѣ. Стрѣлка верхняго циферблата S, въ связи съ которой черезъ посредство зубчатыхъ колесъ находится и стрѣлка нижняго P, укрѣплена на стержнѣ A. Этотъ стержень можетъ двигаться впередъ и назадъ. Въ силу какихъ причинъ, несмотря на движеніе стержня, происходящее въ томъ случаѣ, когда гиря опускается и черезъ систему зубчатыхъ колесъ приходитъ въ движеніе колесо, съ которымъ неподвижно соединенъ стержень A, стрѣлка можетъ или двигаться, или оставаться въ покоѣ?

Къ стержню A прикрѣплена пластинка b, имѣющая въ дѣйствительности форму призмы. Эта пластинка, когда стержень

движется взадъ или впередъ, можетъ входить въ зубцы одного изъ двухъ колесъ l или k, находящихся по обѣимъ сторонамъ пластинки b; одно изъ этихъ двухъ колесъ — колесо k — укрѣплено къ стѣнкѣ хроноскопа неподвижно, другое же колесо, будучи связано съ движущейся частью механизма, подвижно. Если гиря начнетъ опускаться внизъ, то колесо r_2 придетъ въ движеніе, и если при этомъ пластинка b войдетъ въ зубцы подвижного колеса l, то стержень A придетъ въ вращательное движеніе, и стрѣлки будутъ двигаться; наоборотъ, если пластинка b сцѣпится съ зубцами неподвижнаго колеса k, то, хотя подвижная часть механизма будетъ находиться въ движеніи, стрѣлки останутся въ покоѣ.

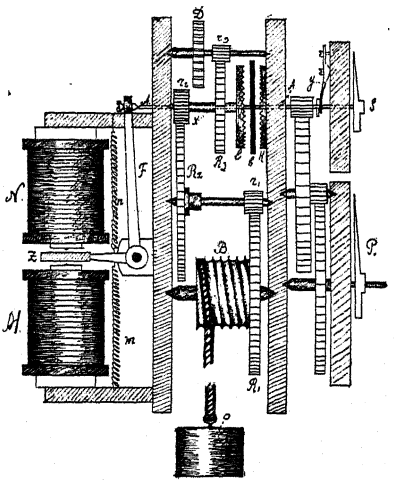


Рис. 90.

Введеніе стрѣлки въ подвижное или неподвижное колесо достигается при помощи якоря электромагнитовъ, который приводится въ движеніе гальваническимъ токомъ. Но какого рода передвиженіе якоря должно происходить для того, чтобы стрѣлки двигались или были неподвижны?

Натягиваніе и ослабленіе пружины, поднимающей и опускающей якорь электромагнита, совершается при помощи двухъ рычажковъ a и b, которые, поднимаясь или опускаясь, то натягиваютъ пружины, то ослабляютъ ихъ (рис. 91). Поднятіе и опусканіе рычажковъ происходитъ, благодаря вращенію круговъ c и d, снабженныхъ рукояткой. Когда рукоятка круга d опускается внизъ, то рычажокъ b поднимается вверхъ, нижняя пружина p_1 ослабляется. Когда она поднимается вверхъ, какъ показано на рисункѣ, то нижняя пружина натягивается. Обратно съ движеніемъ круга c. При пользованіи верхними магнитами натягивается нижняя пружина и ослабляется верхняя.

При пользованіи нижними магнитами натягивается верхняя и ослабляется нижняя. Степень натяженія и ослабленія можно прочитать на шкалахъ.

На рис. 90 вы видите якорь Z, который можетъ притягиваться или къ верхнему магниту N, если токъ пущенъ черезъ верхній магнитъ, или къ нижнему магниту M, если токъ пущенъ черезъ нижній магнитъ. Такимъ образомъ, можно такъ оперировать съ приборомъ, какъ если бы верхняго магнита не

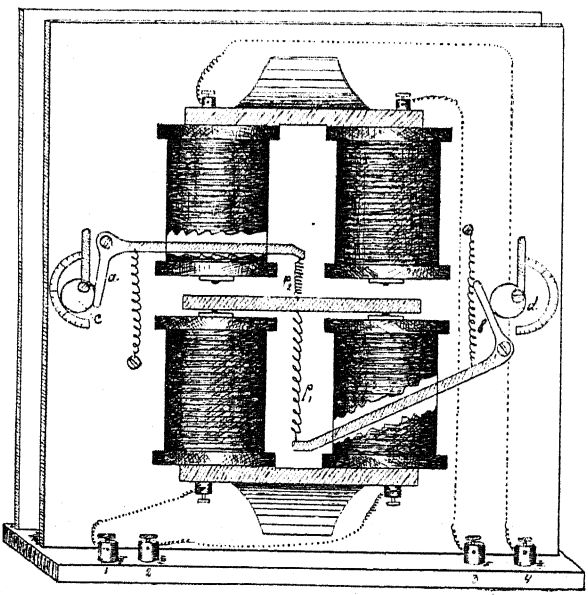


Рис. 91.

было, а былъ лишь одинъ нижній магнитъ, и наоборотъ, какъ если бы нижняго не было, а былъ только одинъ верхній магнитъ.

Стержень A, на которомъ находятся стрѣлки, снабженъ пружиной y, которая оттягиваетъ его по направленію отъ циферблата назадъ. Къ якорю электромагнита прикрѣплены двѣ пружины, верхняя n и нижняя m.

Что происходитъ со стержнемъ A, когда якорь мѣняетъ свое положеніе?

Если якорь опускается внизъ, то стержень A въ силу дѣйствія пружины y отходитъ назадъ отъ циферблата, пластинка b попадаетъ въ подвижное колесо l, и стрѣлки движутся (см. рис. 92), и наоборотъ, если якорь поднимается вверхъ, то стержень A отталкивается впередъ, пластинка b попадаетъ въ неподвижное колесо k, и стрѣлки не движутся—стоятъ (см. рис. 93).

Какъ надо пользоваться хроноскопомъ для измѣренія времени реакцій? Въ реакціи, какъ мы видѣли, измѣряется промежутокъ времени между началомъ дѣйствія раздраженія и тѣмъ моментомъ, когда произошло движеніе. Хроноскопъ, слѣдовательно, долженъ отмѣтить начало дѣйствія раздраженія и тотъ моментъ, когда произведено движеніе реакціи. Для этого мы должны заставить стрѣлки начать двигаться въ тотъ моментъ, когда начинается дѣйствіе раздраженія, и заставить стрѣлки перестать двигаться въ тотъ моментъ, когда произошло движеніе реакціи. Эти два момента должны быть отмѣчены: начинаетъ дѣйствовать раздраженіе—стрѣлки приходятъ въ движеніе; производится движеніе реакціи—стрѣлки должны остановиться. Это достигается съ помощью различныхъ способовъ.

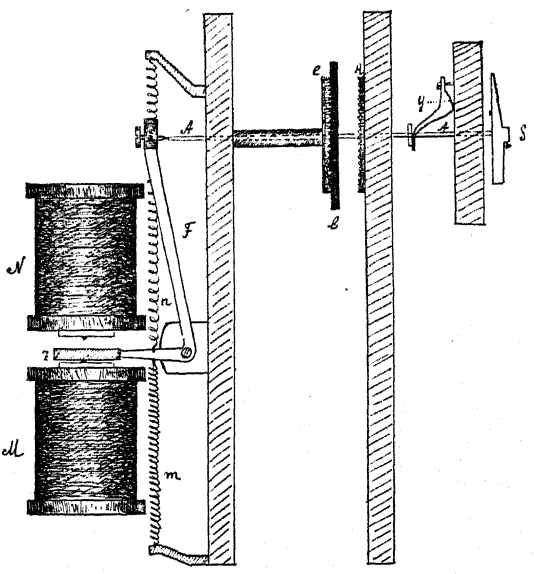


Рис. 92.

Такъ какъ въ хроноскопѣ два электромагнита, то эту задачу можно рѣшить двумя способами: пользуясь или верхнимъ электромагнитомъ или нижнимъ. Но этимъ еще не исчерпывается рѣшеніе задачи, которую мы поставили: она можетъ быть

рѣшена и другими способами, если мы воспользуемся при этомъ побочнымъ токомъ.

Но сначала разсмотримъ лишь тѣ два случая, когда мы пользуемся или верхнимъ или нижнимъ электромагнитомъ, не вводя побочнаго тока.

Будемъ пользоваться сначала нижнимъ электромагнитомъ. Въ хроноскопѣ есть особыя клеммы для нижняго и для верхняго электромагнита. Если мы желаемъ провести токъ изъ элемента въ нижній электромагнитъ, то мы должны соединить провода съ однѣми клеммами, если хотимъ провести токъ въ верхній электромагнитъ, то съ другими.

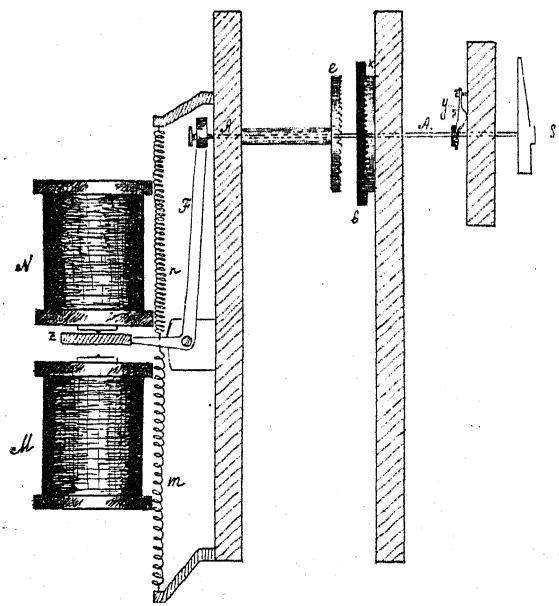


Рис. 93.

Итакъ, я ставлю себѣ цѣль — работать съ помощью нижняго электромагнита. Для этого случая я долженъ натянуть верхнюю пружину n; якорь z отойдетъ отъ магнита M на нѣкоторое разстояніе; стержень A, на которомъ находятся стрѣлки, отодвинется впередъ и придетъ въ соприкосновеніе съ неподвижнымъ колесомъ k, и поэтому стрѣлки двигаться не будутъ. Теперь я пропущу черезъ магнитъ токъ; тогда якорь (см. рис. 92) долженъ двинуться въ направленіи къ магниту M, рычагъ F подвинется влѣво, и стержень A займетъ такое положеніе, что пластинка придетъ въ соприкосновеніе съ подвижнымъ колесомъ l, и стрѣлки начнутъ двигаться. Итакъ, въ этомъ случаѣ, если есть токъ, то стрѣлки движутся. Чтобы заставить стрѣлки перестать двигаться, надо токъ разомкнуть. Тогда якорь поднимется

вверхъ, отодвинетъ стержень въ такое положеніе, при которомъ пластинка b приходитъ въ соприкосновеніе съ неподвижнымъ колесомъ k и этимъ остановитъ стрѣлки.

Весь опытъ располагается слѣдующимъ образомъ (рис. 94): въ цѣпь вводятся два ключа: одинъ A въ качествѣ раздражителя, издающаго при нажиманіи ручки (замыканіе тока) звукъ; другой, B, для отвѣтнаго движенія лица реагирующаго, размыкающаго токъ поднятіемъ пальца съ ручки ключа.

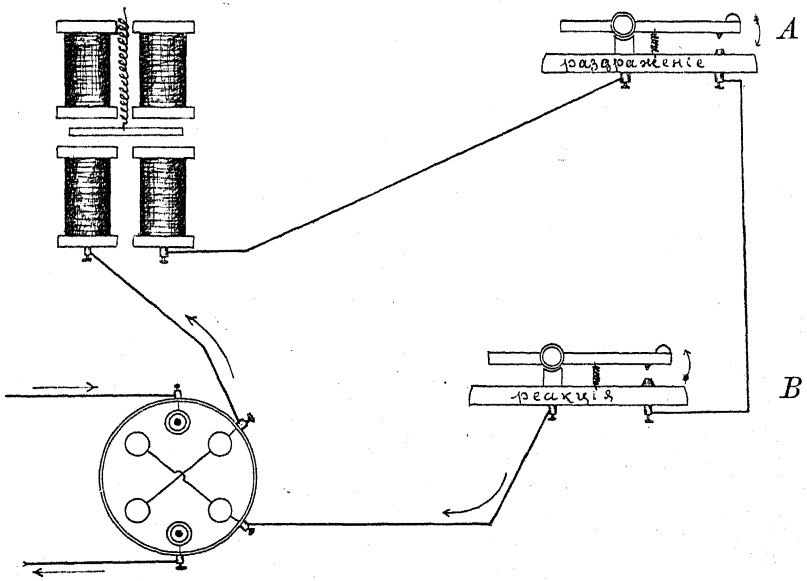


Рис. 94. Первая схема.

Сначала ключъ B реагирующаго является замкнутымъ вслѣдствіе надавливанія пальца на ручку ключа, раздражитель же A разомкнутъ; тогда токъ въ A будетъ прерванъ, и стрѣлки, конечно, будутъ стоять, потому что, если тока нѣтъ, то стрѣлки не движутся. Затѣмъ экспериментаторъ, завѣдующій раздражителемъ A, надавливаніемъ на ручку ключа соединяетъ токъ, производя звукъ; тогда токъ является соединеннымъ во всей цѣпи, и стрѣлки начинаютъ двигаться. Реагирующій, услышавъ звукъ отъ замыканія раздражителя, поднимаетъ палецъ съ ручки ключа B и тѣмъ самымъ, размыкая токъ, останавливаетъ

стрѣлки. Время между замыканіемъ раздражителя A и размыканіемъ ключа B и есть показатель длительности реакціи.

Вотъ первая схема, которой можно пользоваться для измѣренія времени реакціи (рис. 94). Необходимо помнить, что этой схемой можно пользоваться только тогда, когда мы работаемъ съ нижними электромагнитами хроноскопа.

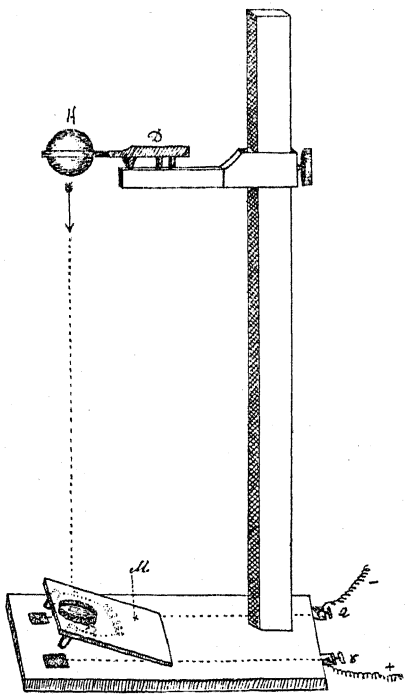


Рис. 95.

Въ качествѣ раздражителя, вмѣсто вышеуказаннаго ключа A, можно ввести въ цѣпь другіе раздражители — цвѣтовые, звуковые и т. д. Мы познакомимся пока съ однимъ изъ нихъ—звуковымъ раздражителемъ, такъ называемымъ Fallapparat Hipp'a. На подставкѣ прикрѣплена стойка, по которой вверхъ и внизъ движется верхняя подставка (рис. 95). На нижней подставкѣ въ клеммы a и b проходятъ провода изъ батареи. На верхней подставкѣ металлическія части D на подобіе щипцовъ поддерживаютъ небольшой металлическій шарикъ k, который, падая, ударяетъ въ дощечку съ металлическими ножками M, отъ удара приходящими въ соприкосновеніе съ металлическими пластинками, соединяющими клеммы a и b, и такимъ образомъ замыкающими токъ, подобно тому, какъ мы это видѣли въ предыдущемъ случаѣ, гдѣ точно такъ же раздражитель замыкалъ токъ. Реагирующій, услышавъ звукъ отъ паденія шарика, снимаетъ палецъ со своего ключа, производя размыканіе тока. Такимъ образомъ, схема опыта остается та же самая, что и въ предыдущемъ случаѣ; все различіе состоитъ только въ томъ, что вмѣсто простого ключа, не совсѣмъ удобнаго для подачи раз-

драженія, введенъ болѣе удобный аппаратъ. И тамъ и здѣсь мы одинаково достигаемъ того, что съ помощью раздраженія токъ замыкается, съ помощью реакціи размыкается. Стрѣлки приходятъ въ движеніе и останавливаются. Мы отмѣчаемъ первый моментъ, когда стрѣлки пошли въ ходъ, и второй моментъ, когда онѣ остановились, и такимъ образомъ опредѣляемъ время между началомъ дѣйствія раздраженія и началомъ реактивнаго движенія.

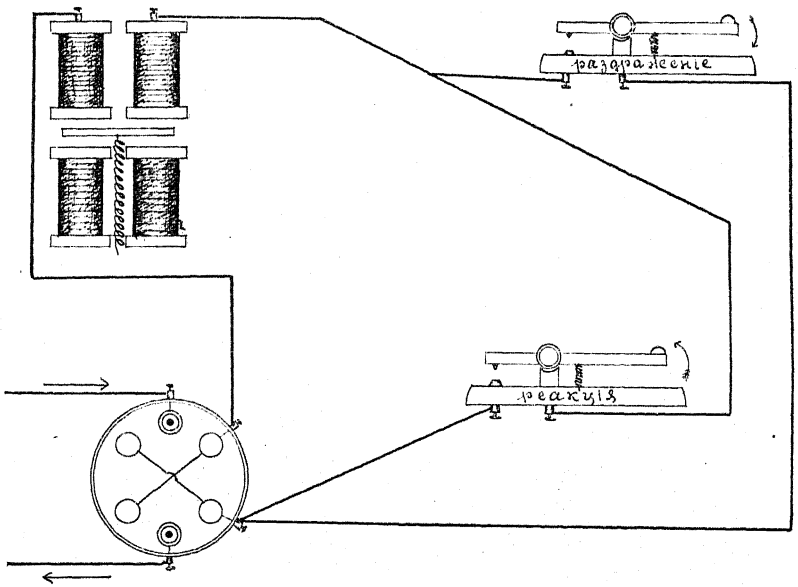


Рис. 94. Вторая схема.

Перейдемъ ко второму случаю пользованія Гипповскимъ хроноскопомъ для измѣренія времени реакціи. Въ этомъ случаѣ мы пользуемся верхними электромагнитами. Для этого мы натягиваемъ нижнюю пружину *m* (рис. 94); якорь оттягивается нѣсколько внизъ къ нижнимъ электромагнитамъ. Если мы пустимъ токъ черезъ верхніе электромагниты, то якорь притянется вверхъ, и пластинка *b* займетъ такое положеніе, что стрѣлки не будутъ двигаться (рис. 91). Въ этомъ случаѣ, если есть токъ, стрѣлки не двигаются, т.-е. какъ разъ обратное тому, что было въ первомъ случаѣ.

Такимъ образомъ, можно видѣть, какое удобство проистекаетъ вслѣдствіе того, что хроноскопъ снабженъ двумя электромагнитами,—именно, благодаря этому обстоятельству, мы можемъ, пуская токъ черезъ тотъ или другой электромагнитъ, или заставить стрѣлки двигаться, или оставить ихъ неподвижными. Такъ какъ при пользованіи верхними электромагнитами стрѣлки остаются неподвижными при замыканіи тока, то ясно, что они могутъ притти въ движеніе при размыканіи его. Слѣдовательно, нужно въ отличіе отъ перваго случая употреблять раздражитель, который размыкаетъ токъ.

Когда подѣйствуетъ раздражитель, токъ разомкнется, и стрѣлки пойдутъ въ ходъ. Какимъ же образомъ теперь остановить стрѣлки? Съ помощью раздражителя, который токъ разомкнулъ, мы дали возможность стрѣлкамъ притти въ движеніе. Теперь надо замкнуть токъ; для этого долженъ быть аппаратъ съ помощью котораго токъ замыкается, и стрѣлки останавливаются. Этотъ второй аппаратъ есть ключъ, которымъ реагирующій замыкаетъ токъ.

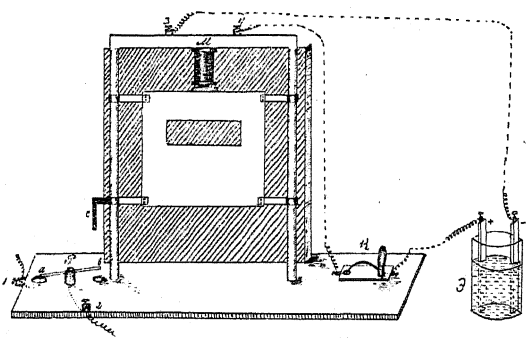


Рис. 95. Экспозиціонный аппаратъ Мюллера. Раздраженіе закрыто экраномъ.

Во второй схемѣ создается положеніе, обратное тому, которое мы видѣли въ первой схемѣ. Тамъ обстояло такъ: есть токъ, стрѣлки приходятъ въ движеніе; надо было токъ уничтожить. Здѣсь наоборотъ: есть токъ, стрѣлки не двигаются; надо токъ разомкнуть, чтобы стрѣлки двигались; затѣмъ надо ихъ остановить, замкнувъ токъ съ помощью ключа, который употребляется для реакціи. Такимъ образомъ, мы видимъ, что во второй схемѣ употребляется такого рода раздражитель, который размыкаетъ токъ, и ключъ, который съ помощью реактивнаго движенія замыкаетъ токъ (см. рис. 94).

Можетъ быть введенъ раздражитель болѣе удобнаго типа, нежели простой ключъ, напр., зрительный раздражитель Мюллера.

Въ этомъ аппаратѣ (рис. 95) мы имѣемъ такой раздражитель, который даетъ возможность размыкать токъ. Раздраженіе заключается въ томъ, что испытуемому субъекту предъявляется извѣстное зрительное впечатлѣніе, закрытое вначалѣ отъ него экраномъ. Этотъ экранъ, падая внизъ и открывая раздраженіе въ видѣ какого-нибудь слова, въ тотъ же моментъ однимъ своимъ концомъ, именно, стержнемъ *c* надавливаетъ на металлическую пластинку *ab*, которая поднимается вверхъ концомъ *a* и тѣмъ самымъ размыкаетъ токъ, бывшій до того замкнутымъ. Такимъ образомъ, мы здѣсь имѣемъ дѣло съ раздражителемъ, который размыкаетъ токъ. И если такой раздражитель у насъ введенъ въ цѣпь, то съ нижними электромагнитами работать нельзя, можно работать только съ верхними [1]).

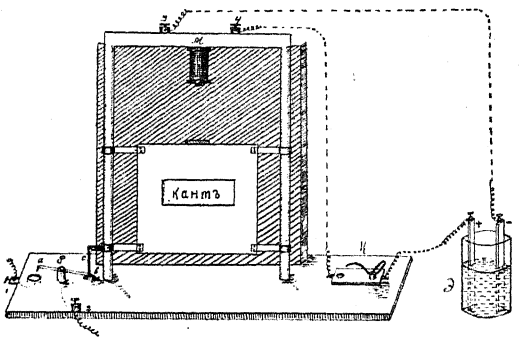


Рис. 95*a*. Раздраженіе открыто послѣ паденія экрана.

Разсмотримъ еще одинъ раздражитель, который отличается отъ предыдущихъ тѣмъ, что даетъ возможность токъ размыкать и замыкать по желанію,—это Рѣмеровскій звуковой размыкатель (рис. 96).

Онъ состоитъ изъ двухъ частей: изъ рупора (который не изображенъ на рисункѣ) и изъ самого аппарата.

---

[1]) Экранъ, закрывающій раздраженіе, поддерживается на извѣстной высотѣ тѣмъ, что притягивается электромагнитомъ *M* въ томъ случаѣ, когда токъ замкнутъ ключомъ *к*. Экспериментаторъ размыкаетъ ключъ *к*, электромагнитъ перестаетъ притягивать экранъ. Этотъ послѣдній падаетъ и открываетъ зрительное раздраженіе. На рис. 95*a* такимъ раздраженіемъ является слово: „Кантъ“. На рис. изображенъ одинъ элементъ, въ дѣйствительности приходится брать 2 или 3 элемента.

Въ основѣ аппарата лежитъ массивная металлическая доска *A*, проводящая электричество. Въ передней части аппарата находится упругая перепонка *B*, которая приходитъ въ движеніе отъ дѣйствія воздушныхъ волнъ, произведенныхъ словомъ, произносимымъ въ рупоръ. Въ центрѣ этой перепонки помѣщается кусочекъ платины *a*, который соединенъ

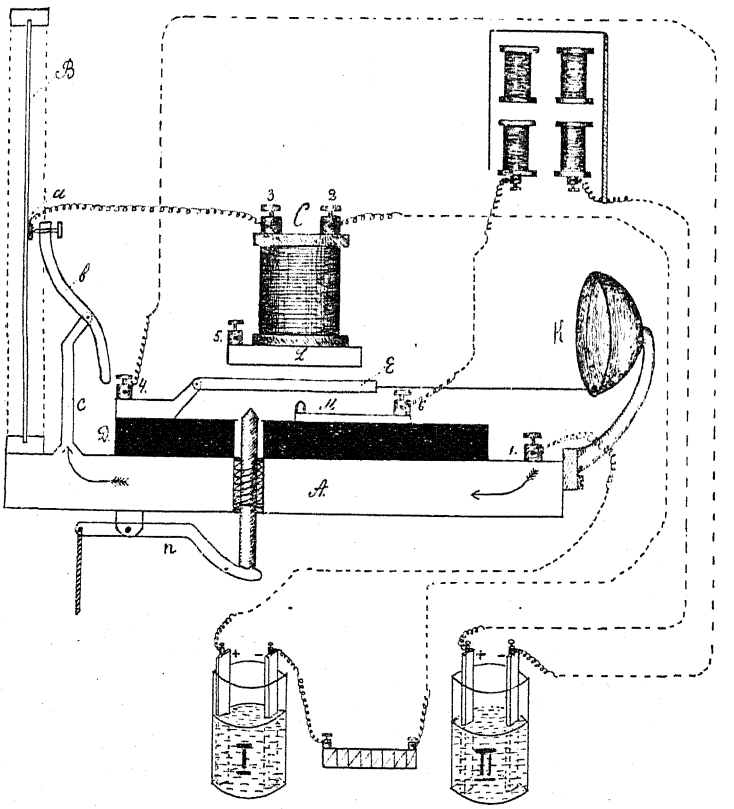


Рис. 96. Звуковой размыкатель Рёмера.

при помощи тонкой проволоки съ электромагнитомъ *C*. Къ платинѣ прикасается остріе рычажка *b*, легко приходящаго въ колебательное движеніе. Этотъ рычажекъ непосредственно соединенъ съ доской *A*, такъ что является проводникомъ электричества. Если мы возьмемъ элементъ I и одинъ полюсъ его соединимъ съ клеммой 1, другой—съ клеммой 2, то полу-

чимъ замкнутую цѣпь. Токъ черезъ клемму 1 входитъ въ доску *A*, изъ нея проходитъ въ стойку *c*, на которой помѣщается рычажекъ *b*; если остріе рычажка прикасается къ платинѣ *a*, то токъ пойдетъ далѣе въ электромагнитъ *C* (клемма 3) и черезъ клемму 2 вернется обратно въ элементъ. Подъ электромагнитомъ находится якорь *E*, на концѣ котораго находится длинный стержень съ шарикомъ, который при паденіи якоря внизъ ударяетъ о звонокъ *K*. При помощи рычага *n* мы можемъ придвинуть якорь на такое разстояніе къ магниту, что тотъ притянетъ его, но при этомъ онъ не коснется сердечника магнита, такъ какъ тому будетъ мѣшать металлическое кольцо *L*, проводящее электричество. Якорь такимъ образомъ будетъ притянутъ къ магниту на разстояніи. Подъ якоремъ находится стержень *M*, въ который токъ можетъ проникнуть черезъ клемму 6.

Слѣдуетъ замѣтить, что основанія рычажка *E* и стержня *M* отдѣлены отъ доски *A* толстой прослойкой *Д* изъ непроводящаго электричество матеріала.

Если мы теперь возьмемъ второй элементъ (II) и одинъ полюсъ его соединимъ съ клеммой 4, а другой—съ клеммой 6, то, если рычажекъ *E* притянутъ къ магниту, цѣпь будетъ разомкнута. Но если въ рупоръ произнести какое-нибудь слово, то пластинка *B* придетъ въ колебательное движеніе и оттолкнетъ отъ себя рычажекъ *b*; тотчасъ же токъ I будетъ прерванъ, электромагнитъ перестанетъ дѣйствовать, и якорь *E* подъ вліяніемъ собственной тяжести упадетъ внизъ, на стержень *M*. Такимъ образомъ токъ II замкнется, и въ тоже время получится звуковое раздраженіе.

Но если мы одинъ полюсъ элемента II соединимъ съ клеммой 4, а другой—съ клеммой 5, то, если якорь *E* притянутъ къ электромагниту, цѣпь II будетъ замкнута. Въ этомъ случаѣ токъ входитъ въ клемму 5, изъ нея распространяется по кольцу *L*, изъ кольца переходитъ въ якорь *E* и черезъ клемму 4 возвращается обратно въ элементы. Когда же мы произнесемъ въ рупоръ слово, якорь *E* упадетъ внизъ, и токъ II будетъ разомкнутъ.

Такимъ образомъ, при помощи одного и того же аппарата мы можемъ по желанію размыкать и замыкать токъ.

Мы разсмотрѣли двѣ схемы пользованія хроноскопомъ. Въ нихъ при посредствѣ одного аппарата замыкаемъ, а при посредствѣ другого размыкаемъ токъ, или, наоборотъ. Но иногда приходится пользоваться болѣе сложными комбинаціями; такъ, напр., приходится оба раза замыкать токъ и т. п. Для этихъ цѣлей слѣдуетъ прибѣгать къ помощи **побочнаго тока**.

Поясню съ помощью электрическаго звонка, что значитъ побочный токъ.

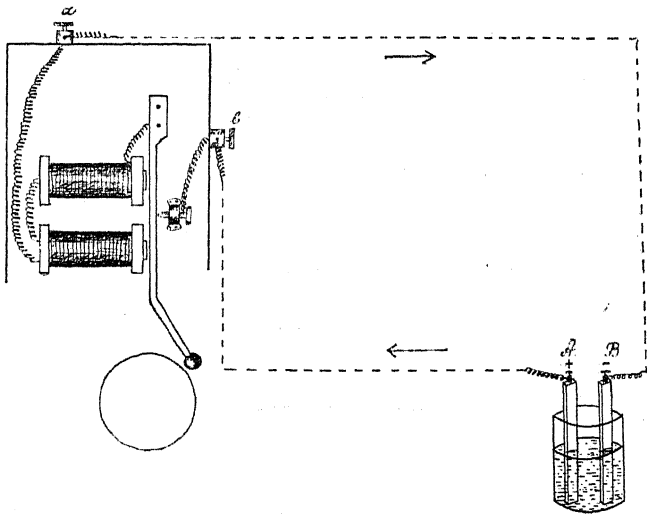


Рис. 97.

Положимъ, у насъ есть звонокъ (рис. 97), дощечка съ двумя катушками и двумя клеммами *a* и *b*. Если соединить клеммы съ проводами элемента, то звонокъ будетъ звонить все время, потому что токъ замкнутъ. Токъ идетъ отъ элемента черезъ клемму *b* въ сопротивленіе и черезъ клемму *a* обратно въ батарею. Но если мы поставимъ себѣ задачу не пустить токъ въ сопротивленіе, то мы достигнемъ этого тѣмъ, что клемму *b* соединимъ съ клеммой *B* элемента проводомъ (рис. 98). Тогда токъ, выйдя черезъ клемму *A*, пойдетъ по линіи наименьшаго сопротивленія: онъ пойдетъ не черезъ катушки, а изъ

клеммы *b* по добавочному проводу вернется въ элементъ черезъ клемму *B*. Въ катушки токъ не пойдетъ, и потому звонокъ издавать звука не будетъ. Точно такъ же мы можемъ соединить добавочнымъ проводомъ клемму *A* съ клеммой *a*. Тогда токъ не пойдетъ черезъ сопротивленіе: онъ обойдетъ (рис. 98 *b*) его и пойдетъ по добавочному проводу. Въ катушкахъ тока не будетъ; вѣрнѣе, онъ будетъ тамъ въ незначительномъ количествѣ.

Если мы эту добавочную проволоку назовемъ **побочной цѣпью**, то цѣпь, идущая черезъ сопротивленіе, будетъ **главной цѣпью**.

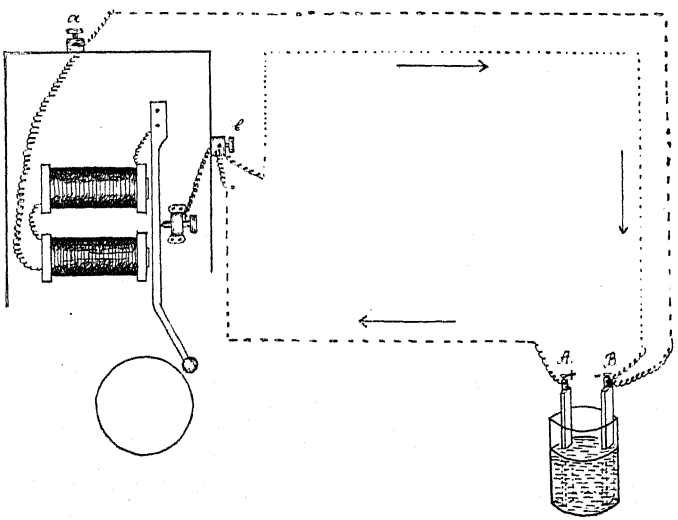


Рис. 98*a*.

Токъ побочной цѣпи, какъ мы только что видѣли, обладаетъ способностью **ослаблять** токъ въ главной цѣпи. Благодаря этому, мы можемъ при помощи побочной цѣпи пускать въ ходъ стрѣлки хроноскопа или останавливать ихъ.

Для этого существуютъ два способа, которые мы сейчасъ разсмотримъ. Способы выбраны какъ наиболѣе типичные, простые; фактически можетъ быть много другихъ комбинацій.

Итакъ, перейдемъ къ разсмотрѣнію третьей схемы пользованія хроноскопомъ.

3-я **схема**. Пользуемся **верхними** электромагнитами. Для этого натягиваемъ нижнюю пружину. Въ этомъ случаѣ, какъ

мы видѣли, если есть токъ, то стрѣлки не движутся. Нужно, чтобы стрѣлки приходили въ движеніе отъ раздражителя и останавливались отъ реакціи. Замыканіемъ раздражителя открывается побочный токъ. Такъ какъ вслѣдствіе этого нѣтъ тока въ главной цѣпи, то стрѣлки приходятъ въ движеніе. Вслѣдствіе размыканія побочнаго тока реакціей появляется токъ въ главной цѣпи. Тогда стрѣлки останавливаются. Такимъ образомъ, третья схема состоитъ въ

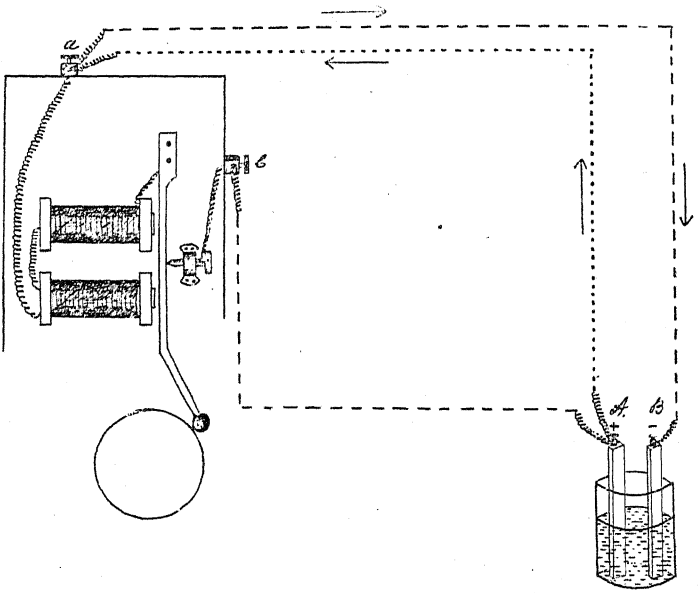


Рис. 98*b*.

замыканіи раздражителемъ побочнаго тока и размыканіи реакціей того же тока (рис. 99).

4-ая схема. Пользуемся нижними электромагнитами. Для этого натягиваемъ верхнюю пружину. Въ этомъ случаѣ, если есть токъ, то стрѣлки движутся. Первоначально главный и побочный токъ замкнуты. Побочный токъ ослабляетъ главный. Вслѣдствіе этого стрѣлки неподвижны. При дѣйствіи раздражителя размыкается побочный токъ. Тогда весь токъ устремляется въ главную цѣпь, и стрѣлки приходятъ въ движеніе. Реакція размыкаетъ главную цѣпь, стрѣлки останавливаются.

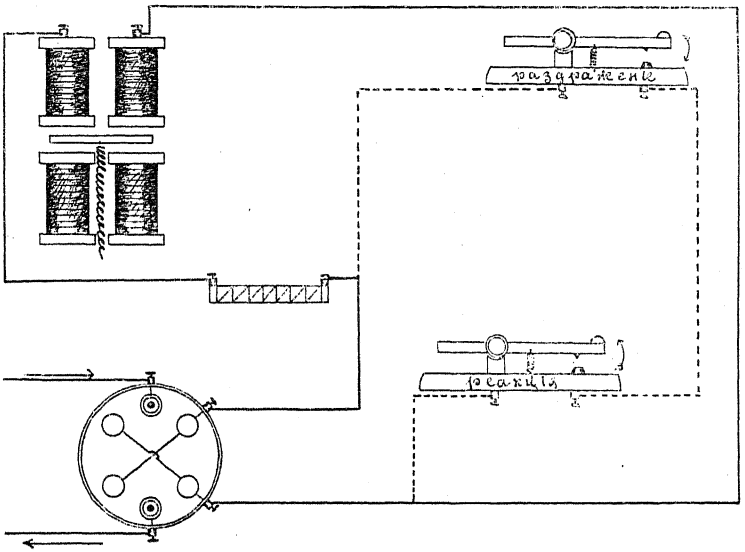


Рис. 99. Третья схема.

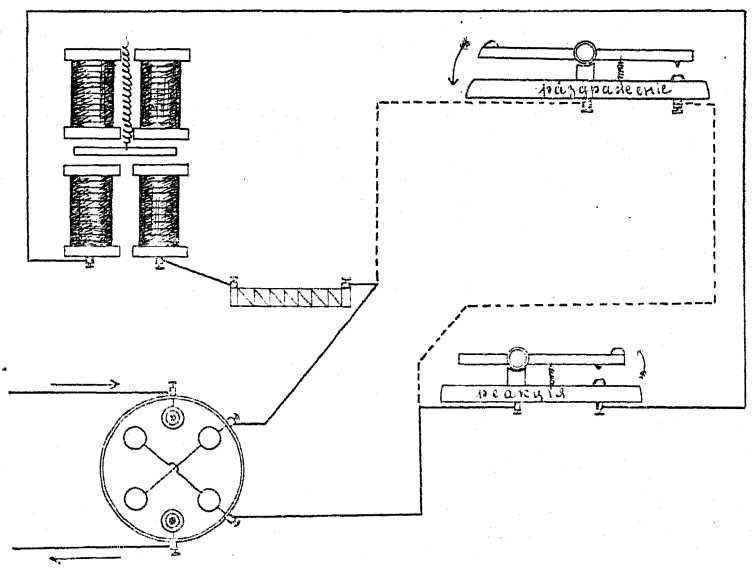


Рис. 100. Четвертая схема.

Итакъ, по четвертой схемѣ и раздражитель и реакція размыкаютъ токъ (рис. 100).

И въ третьей и въ четвертой схемахъ въ главный токъ вводится реостатъ, какъ показано на рис. 99 и 100, которымъ можно регулировать взаимодѣйствіе токовъ въ главной и побочной цѣпяхъ, увеличивая и уменьшая сопротивленіе.

Какъ мы видѣли, есть различнаго типа раздражители и ключи. Одинъ раздражитель замыкаетъ токъ, а другой, наоборотъ, размыкаетъ. Равнымъ образомъ и ключи при поднятіи рычажка могутъ замыкать токъ, но могутъ и размыкать. Благодаря побочному току, мы можемъ пользоваться хроноскопомъ, примѣняя какой угодно раздражитель и ключъ.

Какъ убѣдиться въ томъ, правильно ли работаетъ хроноскопъ или нѣтъ? Такого рода вопросъ возникаетъ вотъ почему. Если бы якорь электромагнита притягивался и отрывался какъ разъ въ тотъ моментъ, когда токъ замыкается и размыкается, то сомнѣнія въ правильности дѣйствія хроноскопа могло бы не быть, но обычно абсолютнаго совпаденія между этими двумя моментами не бываетъ.

Чтобы опредѣлить, происходитъ ли притягиваніе и отталкиваніе якоря во время, существуютъ особые контролирующіе аппараты. Съ одной стороны, употребляется для этого уже указанный выше Fallapparat Гиппа. Въ этомъ аппаратѣ въ основаніе провѣрки кладется время паденія тѣла [1]).

Время паденія какого-нибудь тѣла, если извѣстна высота паденія, можетъ быть опредѣлено точно. Въ нашемъ аппаратѣ такимъ тѣломъ является шарикъ K, время паденія котораго съ момента размыканія поддерживающихъ его щипцовъ D и до замыканія тока ударомъ этого шарика о пластинку M, можетъ быть точно измѣрено. Оно вычисляется по слѣдующей формулѣ: время паденія t будетъ равно

$$t = \sqrt{\frac{s.\,2.}{g}}$$

[1]) Sommer. Psychopathologische Untersuchungsmethoden. 1899, стр. 161.

гдѣ s есть высота паденія тѣла, а q—ускореніе движенія, равное 9,8. Отсюда, если мы возьмемъ высоту паденія тѣла, напр., въ 44,1 сант., то время паденія должно равняться 300 σ.

Чтобы опредѣлить, работаетъ ли хроноскопъ правильно, соединимъ Fallapparat съ хроноскопомъ; тогда размыканіе щипцовъ D, поддерживающихъ шарикъ K, заставляетъ стрѣлки итти въ ходъ, а замыканіе пластинки M останавливаетъ ихъ; при этомъ количество времени на хроноскопѣ должно равняться приблизительно 300 σ; приблизительно потому, что хроноскопъ показываетъ не все время 300 σ, но показанія его колеблются то въ ту, то въ другую сторону, напримѣръ, 300, 296, 303, 292 и т. д. Слѣдуетъ принять, однако, за правило, чтобы эти уклоненія не превышали извѣстнаго предѣла, который можно принять за maximum. Этотъ предѣлъ опредѣляется изъ величины средняго уклоненія (MV). Оно равняется приблизительно 1,5 σ для 150 σ при 10 опытахъ [1]).

Я познакомилъ васъ съ Fallapparat'омъ, потому что это самый дешевый изъ контрольныхъ аппаратовъ. Въ нѣкоторыхъ лабораторіяхъ пользуются для провѣрки хроноскопа только Fallapparat'омъ, но существуетъ еще и другой приборъ, доведенный до большей точности, такъ называемый контрольный молотокъ (рис. 101 и 102).

Контрольный молотокъ устроенъ по тому же принципу: падающее тѣло A проходитъ извѣстное пространство въ извѣстное время, и это время отмѣчается съ помощью замыканія или размыканія спеціально приспособленныхъ ключей a и b, не отличающихся ничѣмъ существеннымъ отъ ключей обычнаго типа, разсмотрѣнныхъ нами выше. Когда молотокъ начинаетъ падать, то онъ въ тотъ же моментъ захватываетъ носикъ ключа a и производитъ замыканіе тока, чѣмъ и отмѣчается начало паденія молотка. Конецъ же паденія отмѣчается тѣмъ, что затрагивается носикъ другого ключа b, который размыкаетъ токъ. При замыканіи тока стрѣлки хроноскопа начинаютъ двигаться, при размыканіи останавливаются. На хроноскопѣ по-

---

[1]) См. Titchener. Experimental Psychology Vol. II. Part II. 335.

лучится время, равное времени паденія. Такъ какъ время паденія постоянно, то на хроноскопѣ должна получаться приблизительно одинаковая величина. Если таковая не получается, мы должны принять мѣры: притянуть или ослабить пружины, измѣнить сопротивленіе въ реостатѣ и проч.

На рис. 101 изображенъ моментъ до начала контрольнаго эксперимента: молотокъ A притянутъ къ магниту M, ключъ a разомкнутъ, ключъ b замкнутъ.

На рис. 102 изображенъ моментъ послѣ эксперимента: при помощи ключа B размыкается токъ, удерживающій молотокъ

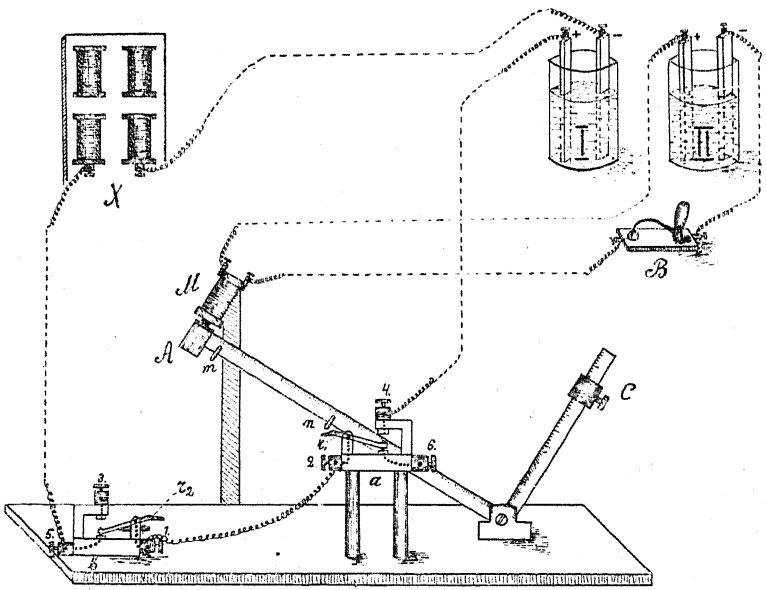


Рис. 101. Контрольный молотокъ до начала эксперимента.

на извѣстной высотѣ; магнитъ M перестаетъ притягивать, и молотокъ A падаетъ внизъ; при паденіи онъ задѣваетъ стержнемъ n за рычагъ r_1 и тѣмъ замыкаетъ ключъ a (стрѣлки хроноскопа начинаютъ двигаться); при дальнѣйшемъ паденіи онъ стержнемъ m задѣваетъ за рычагъ r_2 и тѣмъ размыкаетъ ключъ b (стрѣлки хроноскопа останавливаются).

Передвигая тяжесть C, можно варьировать скорость паденія.

Въ данномъ случаѣ примѣнена первая схема пользованія хроноскопомъ; для второй схемы необходимо вмѣсто 4-й и 5-й клеммы взять 6-ую и 3-ю.

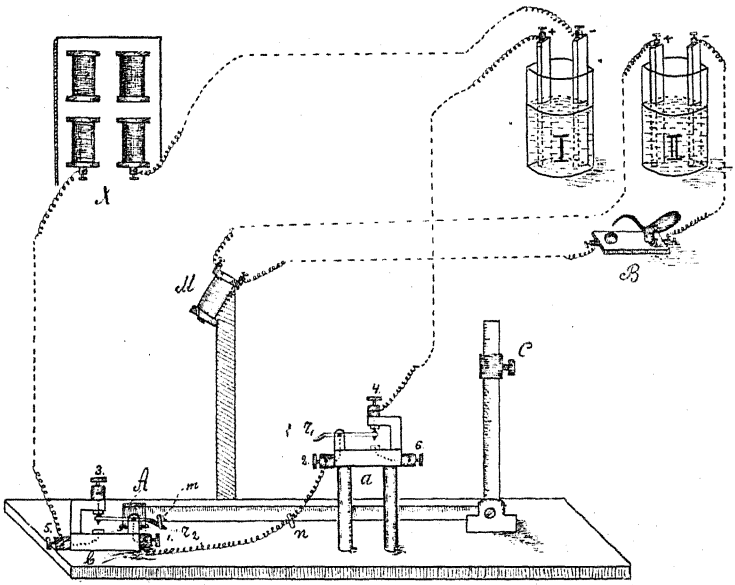


Рис. 102. Контрольный молотокъ послѣ эксперимента.

Задача 40. Ознакомьтесь съ механизмомъ хроноскопа.

Задача 41. Произведите 10 экспериментовъ реакціи по первой схемѣ.

Задача 42. Произведите 10 экспериментовъ реакціи по второй схемѣ.

Задача 43. Произведите 10 экспериментовъ реакціи по третьей схемѣ.

Задача 44. Произведите 10 экспериментовъ реакціи по четвертой схемѣ.

Задача 45. Провѣрьте дѣйствіе хроноскопа: a) при помощи Fallapparat'a; b) при помощи контрольнаго молотка.

Литература.

Вундтъ. Лекціи о душѣ человѣка и животныхъ.
Wundt. Grundzüge der physiologischen Psychologie. B. III. 1911.
Titchener. Experimental Psychology. Vol. II. Part. I.
Wirth. Psychophysik. Lpz. 1912.
Wirth. Die experimentelle Analyse der Bewusstseinsphänomene. 1908.
N. Ach. Ueber die Willensthätigkeit und das Denken. 1905.

ГЛАВА XIII.

Измѣреніе сложныхъ реакцій.

Процессъ простой реакціи не есть процессъ чисто психическій, такъ какъ онъ складывается и изъ моментовъ физіологическихъ. Первый физіологическій моментъ заключается въ томъ, что возбужденіе идетъ по чувствующему нерву до головного мозга. Второй физіологическій моментъ заключается въ проведеніи возбужденія отъ головного мозга къ движущему органу. Психическіе моменты состоятъ изъ восприятія и изъ волевого возбужденія. Такимъ образомъ, процессъ простой реакціи содержитъ въ себѣ два психологическихъ и два физіологическихъ момента. Измѣряя время простой реакціи, мы не опредѣляемъ того времени, которое необходимо для совершенія чисто психическаго процесса. Если бы мы знали, съ одной стороны, то время, которое необходимо для того, чтобы возбужденіе дошло до головного мозга, а съ другой — то время, которое необходимо для того, чтобы возбужденіе отъ головного мозга дошло до движущаго органа, то мы могли бы опредѣлить время, необходимое для совершенія психическаго процесса, а такъ какъ мы этого не знаемъ, то при помощи простой реакціи мы не можемъ опредѣлить времени чисто психическаго процесса.

Это можно сдѣлать только въ томъ случаѣ, если мы измѣримъ время сложныхъ реакцій, въ которыя простая реакція входитъ въ качествѣ составного элемента.

Существенной особенностью простой реакціи, какъ мы видѣли, является то обстоятельство, что въ ней испытуемый производитъ движеніе послѣ того, какъ апперципируетъ раздра-

женіе, которое заранѣе ему извѣстно. Простую реакцію можно усложнить измѣненіемъ раздраженія. Тогда мы получимъ слѣдующіе пять типовъ сложныхъ реакцій: реакцію

1) узнаванія,
2) различенія,
3) выбора,
4) ассоціаціи,
5) сужденія.

Время психическаго процесса въ сложной реакціи измѣряется такимъ образомъ, что изъ всего того времени, которое требуется для сложной реакціи, вычитывается время простой реакціи.

Разсмотримъ послѣдовательно каждый изъ этихъ процессовъ. Что такое реакція узнаванія, и чѣмъ она отличается отъ простой реакціи?

Узнаваніе. Въ простой реакціи испытуемый заранѣе знакомится съ тѣмъ раздраженіемъ, на которое онъ долженъ будетъ реагировать. До начала опыта онъ знаетъ всѣ особенности того раздраженія, на которое онъ долженъ реагировать. Въ реакціи узнаванія раздраженіе извѣстно испытуемому только въ самой общей формѣ. Испытуемому говорятъ, что онъ получитъ зрительное впечатлѣніе, напр., цвѣтъ какой-нибудь, при чемъ заранѣе не говорятъ, какой именно будетъ цвѣтъ. Испытуемый будетъ ждать всѣ возможные цвѣта. Когда появляется раздраженіе, то испытуемый долженъ реагировать не тотчасъ, а только послѣ того, какъ узнаетъ, какой именно цвѣтъ ему предъявленъ; послѣ того, какъ у него произойдетъ «отождествленіе», «воспріятіе» даннаго раздраженія; когда онъ узнаетъ, съ какимъ именно впечатлѣніемъ онъ имѣетъ дѣло въ данномъ случаѣ.

Измѣреніе времени реакціи узнаванія съ внѣшней стороны ничѣмъ не отличается отъ измѣренія времени простой реакціи. Измѣривъ время реакціи узнаванія, мы можемъ опредѣлить время самого процесса узнаванія. Для этого нужно изъ времени реакціи узнаванія вычесть время простой реакціи. Обо-

значимъ время простой реакціи черезъ R, время реакціи узнаванія черезъ Re, время процесса узнаванія черезъ E, тогда

$$E = Re - R.$$

Различеніе. Для измѣренія времени реакціи различенія испытуемому говорятъ: «Вы получите одно изъ двухъ впечатлѣній, вы увидите или бѣлый, или черный цвѣтъ. На черный вы должны реагировать, на бѣлый—нѣтъ». Въ этомъ случаѣ въ сознаніи испытуемаго долженъ произойти процессъ различенія; онъ можетъ совершить движеніе только въ томъ случаѣ, если появится черный цвѣтъ; слѣдовательно, онъ долженъ различить черный цвѣтъ отъ бѣлаго. Очевидно, этотъ процессъ—болѣе сложный, чѣмъ процессъ простой реакціи. Для того, чтобы опредѣлить время чисто психическаго процесса различенія, нужно изъ времени этой реакціи вычесть время простой реакціи. Если бы мы предложили испытуемому реагировать на одинъ изъ четырехъ цвѣтовъ, то въ сознаніи испытуемаго долженъ былъ бы совершиться болѣе сложный процессъ, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда ему предложено было всего два цвѣта; времени для такого различенія требуется больше, чѣмъ для процесса различенія между двумя впечатлѣніями. Само собою разумѣется, что различеніе можетъ происходить между большимъ количествомъ впечатлѣній, напр., между 6, 8 и 10 впечатлѣніями.

Пусть Ru—время реакціи на различеніе, U—время процесса различенія, тогда

$$U = Ru - R.$$

Легко видѣть, что процессъ узнаванія есть только болѣе общая форма процесса различенія. Разница между ними та, что въ узнаваніи раздраженіе хотя и извѣстно испытуемому, но остается неопредѣленнымъ, а въ различеніи даются вполнѣ опредѣленныя, заранѣе обусловленныя впечатлѣнія.

Выборъ. Въ волевомъ процессѣ, связанномъ съ движеніемъ руки, мы можемъ произвести движеніе или одной рукой, или другой, мы можемъ послать два различныхъ волевыхъ

импульса. Время выбора между двумя импульсами измѣряется слѣдующимъ образомъ. Берутъ два ключа; одинъ изъ нихъ замыкается правой рукой, другой—лѣвой. Испытуемому говорятъ: «Вы получите одно изъ двухъ впечатлѣній: или бѣлый цвѣтъ, или черный; если получите бѣлый, то реагируйте лѣвой рукой, если же черный, то правой». Испытуемый можетъ послать волевой импульсъ или къ правой рукѣ, или къ лѣвой, смотря: по тому, какое изъ двухъ впечатлѣній появится: если бѣлый цвѣтъ, то онъ долженъ послать импульсъ къ лѣвой рукѣ, если черный, то къ правой. Такимъ образомъ, въ его сознаніи происходитъ, во-первыхъ, процессъ *различенія* и, во-вторыхъ, *выборъ* органа для совершенія опредѣленнаго движенія. Зная время такой реакціи, мы можемъ легко опредѣлить время, необходимое для того, чтобы послать волевой импульсъ. Для этого изъ времени реакціи выбора нужно вычесть время реакціи различенія. Полученная разность будетъ представлять то время, которое необходимо для того, чтобы произвести *выборъ* между двумя движеніями. Опытъ этотъ мы можемъ значительно усложнить. Мы можемъ предложить субъекту, чтобы онъ выбиралъ не между двумя, а между 10 различными движеніями. Для этого существуетъ особый приборъ, имѣющій сходство съ фортепьянными клавишами. Въ такомъ случаѣ субъекту говорятъ, что, если появится такое-то впечатлѣніе, онъ долженъ реагировать большимъ пальцемъ правой руки, если другое впечатлѣніе, то указательнымъ пальцемъ правой руки и т. д. Отъ этого процессъ различенія и выбора сильно усложняется, и время реакціи, конечно, возрастаетъ; оно равняется приблизительно 0,4.

Опредѣленіе времени выбора можно изобразить слѣдующимъ образомъ. Обозначимъ время реакціи выбора посредствомъ $Rиw$, время выбора черезъ W, тогда

$$W = Rиw - Rи.$$

Этотъ экспериментъ можно нѣсколько видоизмѣнить, именно, если предложить субъекту, чтобы онъ послѣ различенія или пускалъ въ ходъ волевой импульсъ, или совсѣмъ не пускалъ. Это

будетъ выборъ, но уже выборъ не между движеніемъ одной руки и другой, а выборъ между движеніемъ и покоемъ.

Реакціи ассоціативныя. Сущность ассоціативной реакціи сдѣлается совершенно ясной въ томъ случаѣ, если мы сравнимъ ее съ простой реакціей. Въ простой реакціи испытуемый реагируетъ тотчасъ, какъ только появляется условлен-

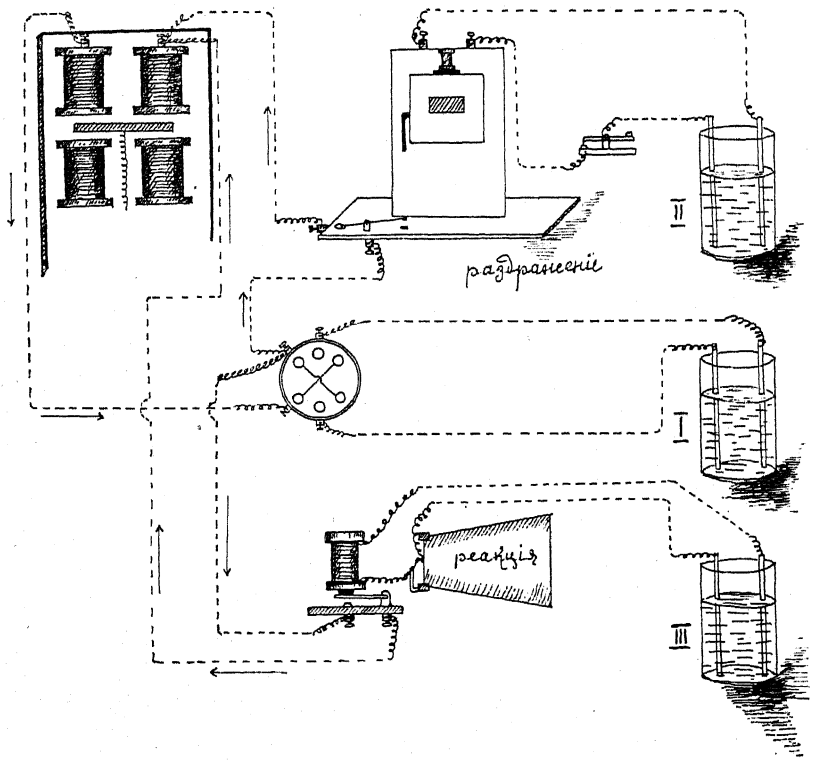


Рис. 103. Схема измѣренія времени ассоціативной реакціи. Появленіе словеснаго раздражителя на Мюллеровскомъ экспозиціонномъ аппаратѣ приводитъ стрѣлки хроноскопа въ движеніе (токъ размыкается). Произнесеніе слова въ рупоръ Ремеровскаго размыкателя останавливаетъ ихъ (токъ замыкается).

ное раздраженіе, въ ассоціативной реакціи испытуемый не реагируетъ до тѣхъ поръ, пока у него въ сознаніи не явится какое-либо представленіе по поводу даннаго раздраженія. Напр., на экспозиціонномъ аппаратѣ появляется слово «крыша». Испытуемый реагируетъ послѣ того, какъ у него въ сознаніи явится какое-нибудь представленіе, напр., «домъ».

Измѣреніе времени реакціи въ этомъ случаѣ производится слѣд. образомъ. Когда появляется слово-раздражитель, то стрѣлки хроноскопа должны притти въ движеніе. Для этой цѣли могутъ служить всѣ тѣ приборы, которые выше были названы экспозиціонными, и въ которыхъ появленіе раздраженія было связано, напр., съ замыканіемъ тока. Когда у испытуемаго появляется по ассоціаціи какое-либо представленіе, то произношеніе соотвѣтствующаго слова нужно связать съ размыканіемъ тока или наоборотъ. Для этой цѣли можетъ служить или Ремеровскій размыкатель, или губной ключъ, описанный выше (Схему опыта см. на рис. 103).

Процессъ ассоціативной реакціи связывается изъ слѣдующихъ психофизіологическихъ звеньевъ:

1) проведеніе нервнаго возбужденія къ центрамъ;
2) перцепція;
3) узнаваніе слова;
4) появленіе воспроизведеннаго по ассоціаціи представленія;
5) волевое возбужденіе;
6) проведеніе нервнаго возбужденія къ мускуламъ.

Отсюда легко понять, какъ можно опредѣлить время собственно репродукціи. Отъ реакціи узнаванія ассоціативная реакція отличается тѣмъ, что ко второй присоединяется процессъ появленія воспроизведеннаго по ассоціаціи представленія.

Если время ассоціаціи обозначимъ черезъ A, ассоціативную реакцію черезъ Rea, то

$$A = Rea - Re,$$

т.-е. время ассоціаціи равняется времени ассоціативной реакціи безъ времени реакціи узнаванія. Время ассоціативной реакціи измѣняется вмѣстѣ съ измѣненіемъ раздражителя и вмѣстѣ съ измѣненіемъ характера ассоціаціи. Напр., просто словесная ассоціація требуетъ меньше времени, чѣмъ ассоціація, въ которой устанавливается какое-либо отношеніе; словесная ассоціація «домъ—домашній» отличается отъ ассоціаціи «домъ—жилище». Опыты съ ассоціаціей можно производить двояко:

1) опыты надъ свободной ассоціаціей, когда испытуемому предлагается реагировать въ томъ случаѣ, если въ

сознаніи появляется свободно то или иное представленіе, или

2) несвободная ассоціація, когда испытуемому предлагаютъ отыскать представленіе, находящееся въ опредѣленномъ отношеніи къ данному представленію, напр., въ отношеніи рода, вида и т. п. Въ первомъ случаѣ испытуемый реагируетъ, когда представленіе само собой возникаетъ, во второмъ случаѣ онъ отыскиваетъ опредѣленное представленіе.

Сужденія. Испытуемому предлагается какое-либо слово; это слово онъ долженъ разсматривать, какъ подлежащее, къ которому долженъ подыскать сказуемое. Моментъ произнесенія сужденія регистрируется способомъ, намъ уже извѣстнымъ, и время сужденія опредѣляется изъ формулы:

$$S = Res - Re,$$

т.-е. изъ времени реакціи сужденія нужно вычесть время реакціи узнаванія.

Приведемъ приблизительныя времена вышеуказанныхъ процессовъ для руководства при производствѣ опытовъ.

Узнаваніе какого-либо цвѣта	30σ
» » короткаго слова . .	50σ
Выборъ между двумя движеніями	80σ
» » десятью »	400σ
Время ассоціаціи	300—800σ.

Задача 46. Опредѣлить время узнаванія. Произвести 10 экспериментовъ. Въ качествѣ раздражителей можно брать цвѣта, отдѣльныя буквы, короткія слова, числа двузначныя, трехзначныя.

Задача 47. Опредѣлить время различенія двухъ, четырехъ и больше впечатлѣній (10 экспериментовъ): 1) два зрительныхъ раздраженія—бѣлый и черный, или зеленый и красный, или голубой и желтый; 2) звукъ болѣе сильный и менѣе сильный и т. п.

Задача 48. Опредѣлить время выбора между двумя и 10 движеніями (по 10 экспериментовъ).

Задача 49. Опредѣлить время ассоціаціи:

a) свободной;

b) несвободной.

Для каждой группы экспериментовъ подобрать по 10 представленій. Составить предварительно схему соединенія аппаратовъ.

Задача 50. Опредѣлить время сужденія (10 экспериментовъ). Слѣдуетъ брать различные типы сужденія.

Во всѣхъ экспериментахъ надъ простой и сложной реакціей слѣдуетъ особенно тщательно отмѣтить показанія самонаблюденія.

ГЛАВА XIV.

Графическое измѣреніе времени.

Перейдемъ къ тому способу измѣренія времени, который называется графическимъ въ отличіе отъ того способа, которымъ мы пользовались до сихъ поръ, т.-е. хроноскопическаго. Для пониманія сущности графическаго метода измѣренія времени слѣдуетъ замѣтить, что, если у насъ есть какое-либо колеблющееся тѣло, къ которому прикрѣплено пишущее остріе,

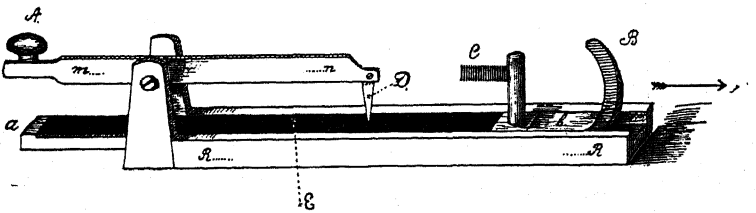


Рис. 104. Психодометръ.

упирающееся въ какую-либо движущуюся пластинку, то движенія колеблющагося тѣла могутъ быть записаны на движущейся пластинкѣ въ видѣ волнъ.

Для иллюстрацій волнообразныхъ колебаній возьмемъ приборъ, который называется психодометромъ (рис. 104). Въ этомъ приборѣ пластинка *mn*, къ которой прикрѣплено пишущее остріе *D*, можетъ производить колебательныя движенія. Подъ остріемъ *D* находится закопченная стеклянная пластинка *E*, которая можетъ быть приводима въ движеніе, такъ какъ находится въ салазкахъ *ab*, которыя за ручку *B* могутъ двигаться въ направленіи, указанномъ стрѣлкой. На этой закопченной пластинкѣ отмѣчаются движенія колеблющейся пластинки съ остріемъ.

Покажемъ, какъ можно измѣрить время простой реакціи при помощи этого прибора. Для измѣренія времени простой реакціи, какъ мы видѣли, нужно измѣрить время между началомъ дѣйствія раздраженія и движеніемъ пальца испытуемаго субъекта. Передъ экспериментомъ салазки придвигаются къ пластинкѣ *mn* такъ, чтобы стержень *C* отодвинулъ пластинку въ одну сторону. Пластинка, такимъ образомъ, оказывается зажатой. Высвобожденіе пластинки изъ такого положенія заставляетъ ее звучать. Она издаетъ звукъ, производя сто колебаній въ секунду. Въ началѣ эксперимента испытуемый кладетъ палецъ на пуговку *A* ключа и ждетъ звукового раздраженія, чтобы, услышавъ это послѣднее, произвести реактивное движеніе (надавливаніе на пуговку ключа). Экспериментаторъ при помощи быстраго отдергиванія за ручку *B*

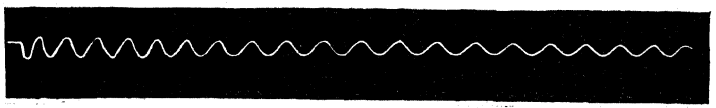


Рис. 105. Кривая, полученная на психодометрѣ при измѣреніи времени простой реакціи. Пластинка сдѣлала $19\frac{7}{8}$ колебаній. Кривая показываетъ 199σ.

высвобождаетъ зажатую пластинку, которая вслѣдствіе этого начинаетъ издавать звукъ и въ то же время пишетъ волнообразную линію на закопченной пластинкѣ (рис. 105). Испытуемый производитъ реактивное движеніе надавливаніемъ на пуговку *A* и этимъ приподнимаетъ пластинку. Остріе отходитъ отъ пластинки, и вслѣдствіе этого записываніе прекращается. Число волнъ показываетъ время, прошедшее отъ начала дѣйствія звукового раздраженія до начала реактивнаго движенія. Для опредѣленія этого времени нужно сосчитать число волнъ.

При помощи психодометра можно измѣрять также время простой реакціи на зрительныя впечатлѣнія. Для этого подъ салазки кладется кусочекъ цвѣтной бумаги, которая совершенно закрывается и при отдергиваніи салазокъ обнаруживается. На зрительное впечатлѣніе, получаемое отъ цвѣтной бумажки, испытуемый долженъ реагировать. На этомъ же ап-

паратѣ можно измѣрить время реакціи на различеніе цвѣтовыхъ ощущеній.

Опредѣленіе времени по числу колебаній производится слѣдующимъ образомъ. Колеблющаяся пластинка даетъ 100 колебаній въ секунду, слѣдовательно, одно колебаніе длится 0,01 секунды. Каждая волна равняется по времени 1/100 секунды. Если получится 8, 9, 15 и т. д. волнъ, то это значитъ, что прошло 8/100, 9/100 секунды. Число волнъ мы сосчитываемъ по ихъ верхнимъ выпуклымъ частямъ. Если же на концѣ получается не цѣлая волна, но еще остается часть волны— $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_8$, то подсчетъ производится слѣдующимъ образомъ. Если цѣлая волна соотвѣтствуетъ 1/100 секунды, то половина волны соотвѣтствуетъ 1/200, $^1/_4$ волны—1/400, $^1/_8$—1/800 и т. д. Но чтобы облегчить подсчетъ, принято пользоваться камертонами и пластинками для записыванія времени, дѣлающими не 100 колебаній въ секунду, а 125. Тогда $^1/_2$ волны будетъ соотвѣтствовать 1/250 секунды, $^1/_4$ волны 1/500 сек., $^1/_8$ волны—1/1000 и т. д. Здѣсь части волны могутъ быть выражены въ тысячныхъ доляхъ секунды.

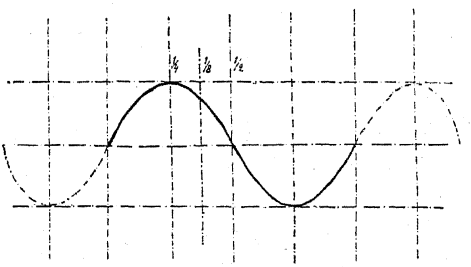


Рис. 106. Толстая линія показываетъ одну цѣлую волну.

На рисункѣ 106 можно видѣть, какъ опредѣляются части волнъ.

При измѣреніи времени графическимъ способомъ приходится пользоваться приспособленіемъ, которое называется электрическимъ отмѣтчикомъ (рис. 107).

Отмѣтчикъ, или сигнальный электромагнитъ, состоитъ изъ двухъ катушекъ M и N, прикрѣпленныхъ къ доскѣ B изъ матеріала, не проводящаго электричество. На устоѣ D поддерживается якорь A, снабженный пишущимъ остріемъ a. Якорь удерживается въ горизонтальномъ положеніи пружиной c. Стержень E служитъ для помѣщенія прибора на штативъ. b и b'—

клеммы для электрическихъ проводовъ. Сущность отмѣтчика заключается въ томъ, что, пуская токъ черезъ электромагниты, мы заставляемъ якорь A притягиваться внизъ къ сердечникамъ электромагнитовъ. Такимъ образомъ, какъ только мы замыкаемъ токъ, якорь опускается внизъ; какъ только мы разомкнемъ токъ, якорь обратно поднимается вверхъ, благодаря дѣйствію пружины.

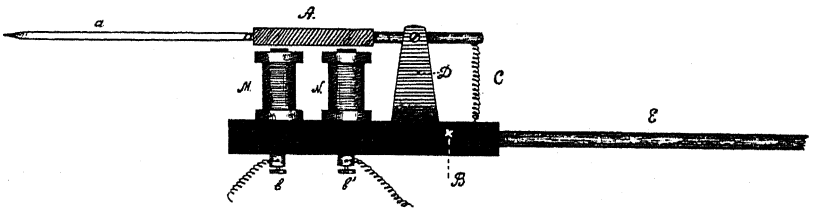


Рис. 107.

Какъ уже было сказано выше, всѣ пишущія острія пишутъ на какой-либо движущейся поверхности плоскости или цилиндра. Предположимъ, что цилиндръ кимографа, или, какъ его также называютъ, «барабанъ» кимографа (рис. 109), покрытый закопченной бумагой, находится въ движеніи, и къ поверхности его прикасается означенное остріе. Тогда на поверхности цилиндра будетъ получаться прямая линія. Если токъ замкнется, то пишущее остріе должно опуститься внизъ и будетъ писать

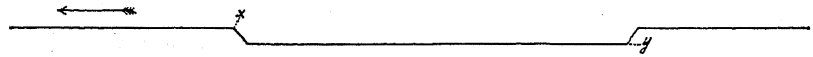


Рис. 108. Стрѣлка показываетъ направленіе движенія движущейся поверхности.

линію ниже первой. Если токъ разомкнется, то остріе поднимется вверхъ и будетъ писать въ прежнемъ направленіи. У насъ получится линія, имѣющая форму, изображенную на рисункѣ 108. Барабанъ кимографа движется въ направленіи, указанномъ стрѣлкой. Линія пишется въ направленіи, обратномъ движенію кимографа. Точка x показываетъ моментъ замыканія тока. Пишущее остріе опускается внизъ и начинаетъ писать линію нѣсколько ниже. Точка y показываетъ моментъ размыканія тока. Пишущее остріе возвращается обратно и пишетъ линію въ прежнемъ направленіи. У насъ такимъ образомъ получается

линія, повороты которой показываютъ начало и конецъ какого-либо процесса, если его начало и конецъ совпадаютъ съ моментомъ замыканія и размыканія тока. Остается опредѣлить то количество времени, которое протекаетъ между началомъ и концомъ.

Эта линія получается на движущемся цилиндрѣ, или барабанѣ, который служитъ для регистраціи движенія и называется кимографомъ (рис. 109). Въ металлической коробкѣ A помѣщается часовой механизмъ, который приводитъ въ движеніе валъ B. Вращеніе вала B передается диску C при помощи колеса b. Вмѣстѣ съ дискомъ вращается и барабанъ D, такъ какъ они помѣщены на одной оси m... n. Сверху барабанъ придерживается винтомъ E.

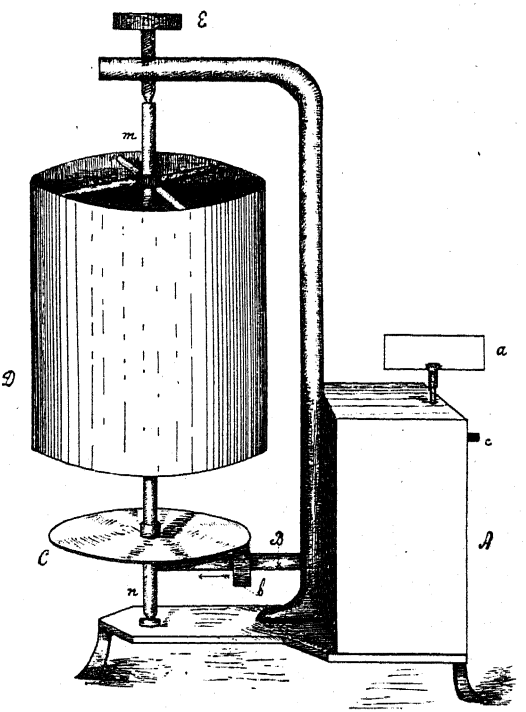


Рис. 109. Кимографъ.

Скорость вращенія варіируется: 1) при помощи паруса a. Если его снять, то скорость вращенія увеличится; 2) перемѣщеніемъ колеса b. Если его передвигать къ центру диска C (по стрѣлкѣ), то скорость будетъ возрастать. Механизмъ пускается въ ходъ нажатіемъ на рычагъ c.

Для записыванія времени употребляется камертонъ, и именно, такъ наз. самодѣйствующій камертонъ (рис. 110).

Это обыкновенный камертонъ, съ той только разницей, что между его ножками укрѣпленъ электромагнитъ M, и, кромѣ того, къ одной ножкѣ прикрѣплена платиновая пластинка a,

которая можетъ соприкасаться съ концомъ винта A. Чтобы привести приборъ въ дѣйствіе, необходимо винтъ A настолько придвинуть къ платиновой пластинкѣ a, чтобы получить контактъ. Тогда токъ, выйдя изъ элемента N, пройдетъ въ катушку M, затѣмъ въ винтъ A, затѣмъ въ остріе и по ножкѣ камертона черезъ клемму b идетъ обратно въ элементъ. Когда токъ замкнутъ и образуетъ непрерывную цѣпь, то электромагнитъ намагничивается, и вслѣдствіе этого ножки камертона притягиваются къ электромагниту. Но когда ножки камертона сближаются, то платиновая пластинка отходитъ отъ острія, и токъ прерывается. Разъ тока нѣтъ, ножки камертона должны раздвинуться: остріе снова пришло въ соприкосновеніе, и токъ

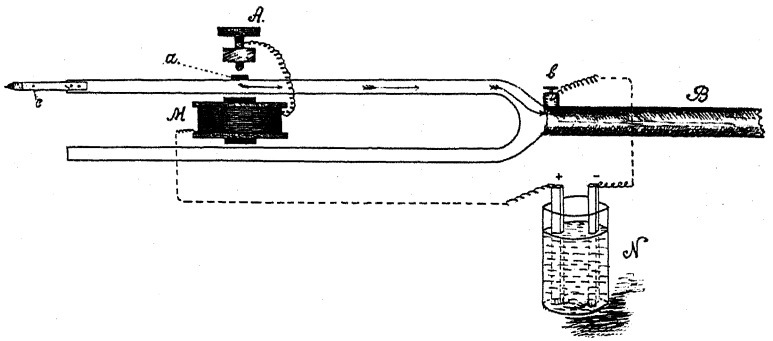


Рис. 110. Самодѣйствующій камертонъ.

опять есть, ножки опять притянутся и т. д. Такимъ образомъ, ножки камертона то притягиваются, то отталкиваются, происходитъ непрерывное колебаніе. Къ камертону прикрѣпляется пишущее остріе c, которое можно привести въ соприкосновеніе съ движущейся поверхностью, и колебанія камертона будутъ записываться на ней; но обыкновенно онъ соединяется съ электрическимъ отмѣтчикомъ, который и отмѣчаетъ всѣ колебанія, соотвѣтствующія прерыванію тока. Въ такомъ случаѣ нѣтъ надобности приводить камертонъ въ соприкосновеніе съ цилиндрической поверхностью, потому что пишетъ отмѣтчикъ.

Какъ мы уже видѣли, на поверхности цилиндра можно отмѣтить начало и конецъ процесса, но какимъ образомъ можно измѣрить длительность этого процесса? Для этого нужно за-

ставить камертонъ писать волнообразную кривую a, на ряду съ линіей b, на которой отмѣчается начало и конецъ процесса. Тогда количество волнъ между точками n и m и обозначитъ длительность измѣряемаго процесса (рис. 111). Такимъ образомъ можно измѣрить время точно.

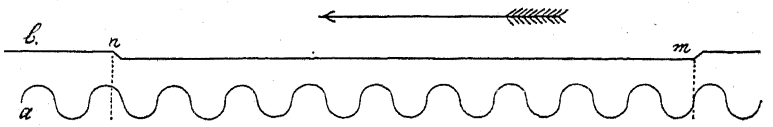


Рис. 111.

Для измѣренія небольшихъ промежутковъ времени существуетъ много приборовъ. Изъ нихъ прежде всего разсмотримъ метрономъ (рис. 112). Онъ періодически замыкаетъ и размыкаетъ токъ и отмѣчаетъ секунды или части секундъ.

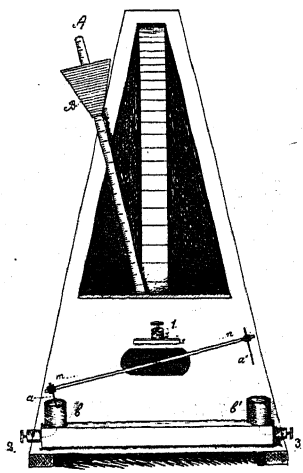


Рис. 112. Метрономъ.

Если на стержнѣ A метронома мы станемъ передвигать вверхъ и внизъ грузъ B, то въ извѣстную единицу времени длительность размаха будетъ больше или меньше. Именно, если передвинуть грузъ вверхъ, то длительность размаха будетъ больше, если внизъ, то меньше. Количество времени, которое стержень проходитъ отъ одной стороны къ другой, отмѣчается двумя ударами. Эти два момента—приближеніе къ крайней правой сторонѣ и приближеніе къ крайней лѣвой сторонѣ—можно отмѣтить при помощи замыканія тока. Такъ какъ при каждомъ положеніи груза мы знаемъ, какое количество времени нужно для полнаго размаха, и такъ какъ, съ другой стороны, при помощи электрическаго отмѣтчика мы можемъ замыканіемъ тока отмѣтить оба эти момента, то намъ стоитъ только соединить метрономъ съ электрическимъ отмѣтчикомъ

для того, чтобы получить приборъ, отмѣчающій время отъ $^1/_8$ сек. до 3 секундъ. Это соединеніе метронома съ электрическимъ отмѣтчикомъ можно сдѣлать яснымъ при помощи рис. 112 и 113. Къ стержню A придѣлано коромысло mn, которое имѣетъ два штифтика: a и a'. При движеніи стержня направо и налѣво штифтики поочередно опускаются въ чашечки b и b', наполненныя ртутью. Клемма 1, соединенная съ коромысломъ m... n, проводомъ соединяется съ элементомъ, а клеммы 2 и 3 соединены съ отмѣтчикомъ. Если коромысло двигается такимъ образомъ, что лѣвое остріе опускается внизъ,

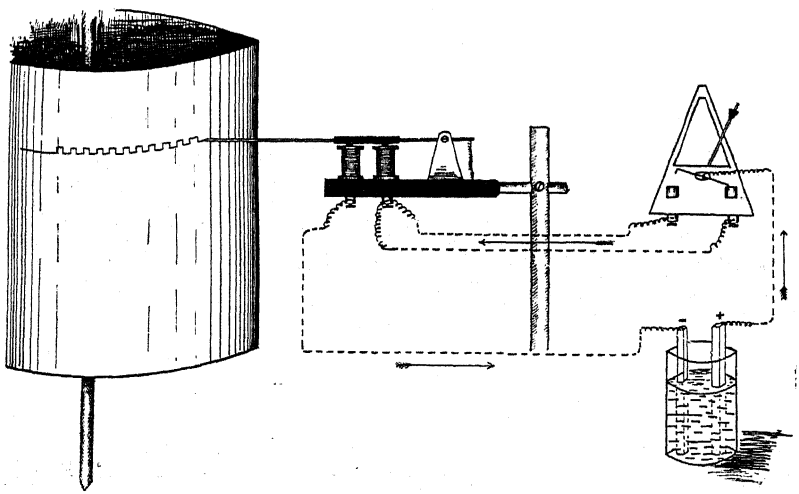


Рис. 113.

то въ b происходитъ замыканіе; если коромысло наклоняется на другую сторону, то замыканіе происходитъ въ b'. Такимъ способомъ мы имѣемъ возможность замыкать токъ съ одной или съ другой стороны.

Какъ мы видѣли, съ отмѣтчикомъ дѣло обстоитъ слѣдующимъ образомъ. Если токъ будетъ замыкаться, пишущее остріе будетъ опускаться, если токъ будетъ размыкаться, остріе будетъ подниматься. Съ помощью метронома, замыкающаго и размыкающаго токъ, можно достигнуть именно этихъ результатовъ.

Какая линія должна получиться на поверхности кимографа?

Пишущее остріе отмѣтчика пишетъ сначала прямую линію. Когда токъ замыкается, остріе должно спуститься внизъ и продолжать писать линію, параллельную первой. Когда затѣмъ токъ разомкнется, пишущее остріе пойдетъ опять вверхъ и будетъ продолжать писать въ прежнемъ направленіи. Но затѣмъ токъ опять замкнется, и остріе, сдѣлавъ небольшую прямую, снова опустится внизъ и т. д. У насъ получится кривая, изображенная на рис. 114. Если грузъ на стержнѣ поставленъ въ такомъ мѣстѣ, что маятникъ дѣлаетъ полный оборотъ въ одну секунду, и оба замыканія произойдутъ въ точкахъ *a* и *b*, то разстояніе отъ *a* до *b* обозначаетъ время, равное одной секундѣ. На маятникѣ отмѣчено, насколько надо опустить грузъ, чтобы получить тотъ или другой промежутокъ времени. Такъ какъ мы знаемъ, какова длительность размаха

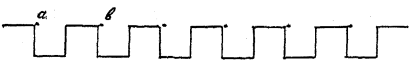


Рис. 114.

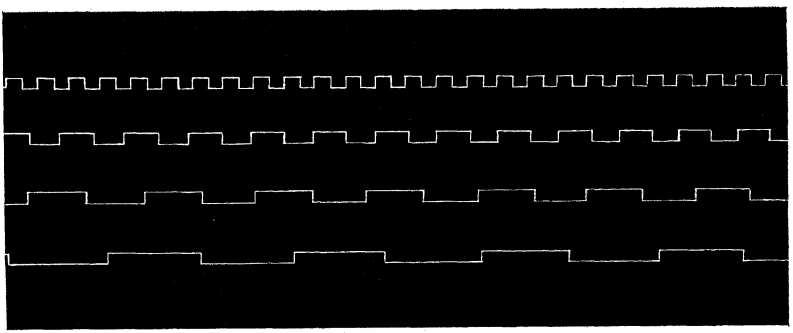


Рис. 115. Одна секунда, отмѣченная на кимографѣ при различныхъ скоростяхъ движенія послѣдняго.

маятника, то мы можемъ опредѣлить, чему равно каждое уклоненіе на кривой.

Съ большей точностью, нежели посредствомъ метронома, отмѣчаніе времени можно произвести посредствомъ прибора, называемаго хронографомъ Жакэ (см. рис. 116). Это—часы, устроенные такимъ образомъ, что, когда механизмъ ихъ приходитъ въ движеніе, рычажокъ съ пишущимъ остріемъ ко-

леблется. Если остріе *m* привести въ соприкосновеніе съ кимографомъ, то на послѣднемъ будутъ отмѣчаться моменты времени, равные или 1 секундѣ, или 1/5 секунды (рис. 117). Часы эти очень точны. Механизмъ пускается въ ходъ нажатіемъ на ры-

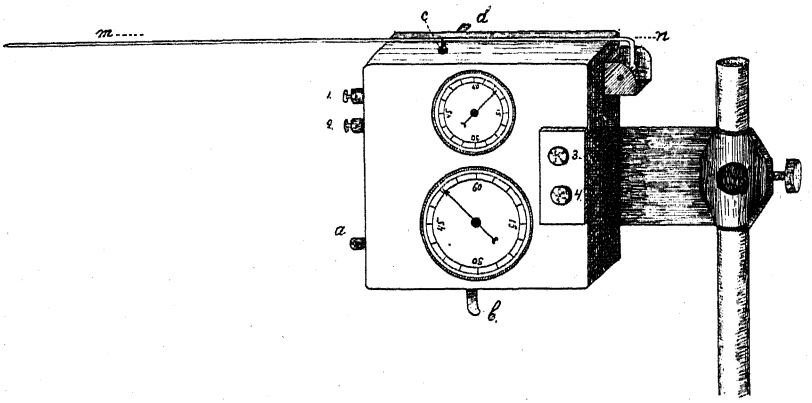


Рис. 116. Хронографъ Жакэ.

чагъ *d*. Стержень *c* начинаетъ вздрагивать, подталкивая кверху пишущее остріе *m*... *n* черезъ равные промежутки времени. Если рычажокъ *d* вдвинуть въ коробку съ механизмомъ, то промежутокъ между колебаніями будетъ равенъ одной секундѣ; если его выдвинуть, то колебанія будутъ слѣдовать одно

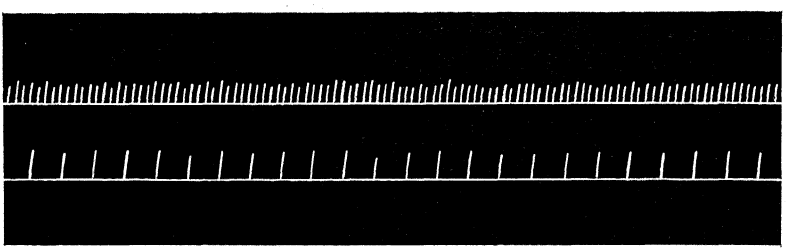


Рис. 117. Отмѣчаніе времени при помощи хронографа Жакэ. Сверху 1/5 сек. Снизу 1 секунда.

за другимъ черезъ $^1/_5$ секунды. На большомъ циферблатѣ отмѣчаются минуты, на маломъ—секунды. При передвиженіи рычага *b* влѣво стрѣлки становятся на *o*.

Какимъ образомъ можно измѣрить время простой реакціи съ помощью хронографическаго способа?

Возьмемъ движущійся цилиндръ, на которомъ самодѣйствующій камертонъ будетъ писать кривую *a* (рис. 118), которая служитъ для опредѣленія времени. Если, какъ показано на этомъ рисункѣ, отмѣтчикъ соединенъ съ аппаратомъ, дающимъ звуковое раздраженіе, и реактивнымъ ключомъ, то измѣреніе времени реакціи можетъ быть произведено слѣдующимъ образомъ. Испытуемый надавливаетъ ключъ; экспериментаторъ, издавая раздражителемъ звукъ, замыкаетъ токъ: тогда линія въ точкѣ *x* отклоняется. Когда испытуемый, услышавъ звукъ, поднятіемъ пальца отъ ключа размыкаетъ токъ, линія отъ точки *y* воз-

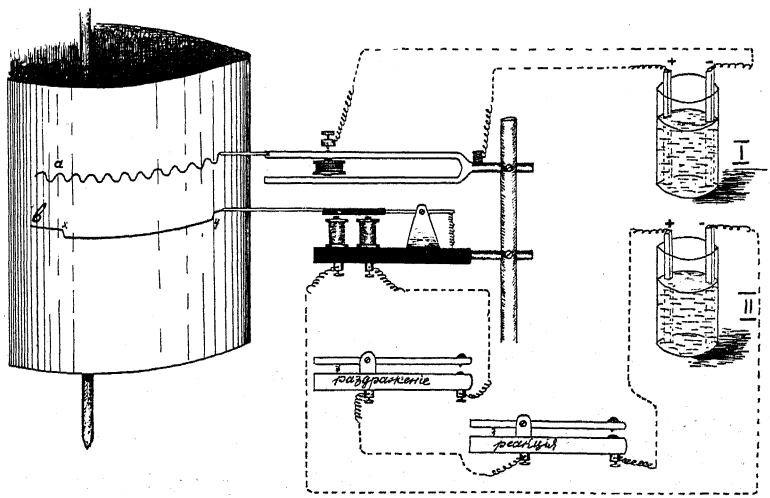


Рис. 118. Схема хронографическаго измѣренія времени простой реакціи.

вращается къ прежнему направленію. Число волнъ, приходящихся на разстояніе отъ *x* до *y*, покажетъ время, протекшее отъ начала раздраженія до реактивнаго движенія.

Хронографическое измѣреніе времени реакціи примѣняется теперь въ рѣдкихъ случаяхъ, потому что вычисленіе времени по кривой требуетъ очень много времени. Вмѣсто этого прибора для измѣренія реакцій обыкновенно употребляютъ хроноскопъ. Но при этомъ слѣдуетъ замѣтить, что хронографъ можетъ употребляться для контролированія показаній самого хроноскопа. Даже контрольный молотокъ можно провѣрить съ

помощью хронографическаго способа. На кривой мы можемъ отмѣтить какъ моментъ начала паденія тѣла, напримѣръ, шарика или молотка, такъ и моментъ конца паденія, и такимъ образомъ, время паденія тѣла можетъ быть точно опредѣлено.

Въ заключеніе я считаю нужнымъ указать на способъ, какимъ приготовляется бумага для кимографа, и какъ закрѣпляются полученныя кривыя.

На барабанъ кимографа плотно натягивается и по краямъ заклеивается бумага, непремѣнно глянцовитая. Затѣмъ барабанъ держатъ надъ фитилемъ обыкновенной керосиновой лампы. Барабанъ покрывается копотью. Нужно принять мѣры, чтобы барабанъ былъ закопченъ вполнѣ равномѣрно и въ то же время, чтобы не былъ покрытъ густой копотью. Для закрѣпленія рисунка послѣ эксперимента дѣлается растворъ шеллака въ спиртѣ, чистомъ или древесномъ. Полученный растворъ выливается въ плоскій сосудъ, напр., въ кювету. Въ нее погружается на нѣкоторое время рисунокъ; онъ дѣлается настолько прочнымъ, что сохраняется на долгое время.

Задача 51. Произведите нѣсколько опытовъ простой реакціи на психодометрѣ (реакція на звукъ и цвѣтъ) и опредѣлите время.

Задача 52. Ознакомьтесь съ дѣйствіемъ самодѣйствующаго камертона.

Задача 53. Ознакомьтесь съ устройствомъ кимографа.

Задача 54. Ознакомьтесь съ дѣйствіемъ секуднаго маятника:

a) заставьте отмѣтчикъ писать 2 секунды, 1 сек., $^1/_2$ сек.;

b) заставьте отмѣтчикъ писать 1 секунду при 4 различныхъ скоростяхъ вращенія кимографа.

Задача 55. Измѣрьте время реакціи при помощи кимографа.

Задача 56. Провѣрьте хронографическимъ способомъ время паденія контрольнаго молотка или шарика на Fallapparat'ѣ Гиппа.

ГЛАВА XV.

Графическая регистрація движеній.

Разсмотримъ пріемы регистраціи тѣхъ движеній, которыя служатъ для выраженія различныхъ психическихъ состояній. Если мы переживаемъ какія-либо умственныя состоянія, чувства, аффекты, то съ ними обыкновенно бываютъ связаны нѣкоторыя измѣненія въ мышцахъ, въ дыхательномъ аппаратѣ, въ дѣятельности сердца, органахъ кровообращенія, напр., увеличивается или уменьшается просвѣтъ артерій, что въ свою очередь влечетъ за собою увеличеніе или уменьшеніе объема органовъ. Эти измѣненія, происходящія при различныхъ душевныхъ состояніяхъ, можно зарегистрировать при помощи различныхъ пріемовъ. Для того, чтобы ознакомиться съ этими пріемами, необходимо ознакомиться прежде всего съ такъ наз. Мареевскимъ барабаномъ (рис. 119), благодаря которому, собственно, и записываются тѣ или другія измѣненія. Онъ состоитъ изъ металлической чашечки k, закрывающейся каучуковой перепонкой. Эта послѣдняя покрывается металлической пластинкой p, къ которой прикрѣпляется пишущее остріе h. Чашечка, замкнутая перепонкой, представляетъ пустое воздушное пространство, объемъ котораго измѣняется въ зависимости отъ того, что происходитъ въ другомъ приборѣ,

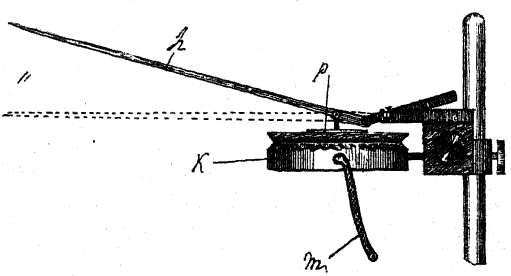


Рис. 119. Мареевскій барабанъ.

соединенномъ при помощи каучуковой трубки *m* съ мареевскимъ барабаномъ у устья, которое сообщается съ указаннымъ воздушнымъ пространствомъ. Въ приборѣ можетъ происходить измѣненіе, которое приводитъ въ движеніе воздухъ, находящійся въ трубочкѣ, а это, въ свою очередь, измѣняетъ объемъ воздуха въ чашечкѣ, производя увеличенія или уменьшенія его. Измѣненіе объема воздуха въ чашечкѣ будетъ измѣнять положеніе каучуковой перепонки: она будетъ то подниматься, то опускаться. Измѣненіе положенія каучуковой перепонки будетъ отражаться на положеніи пишущаго прибора, который вслѣдствіе этого будетъ писать на движущейся поверхности кимографа опредѣленную кривую. Эта кривая въ преувеличенномъ видѣ изображаетъ тѣ измѣненія, которыя происходятъ въ приборѣ. Мареевскій барабанъ называется по-французски tambour, по-нѣмецки Trommel или чаще Schreibkapsel.

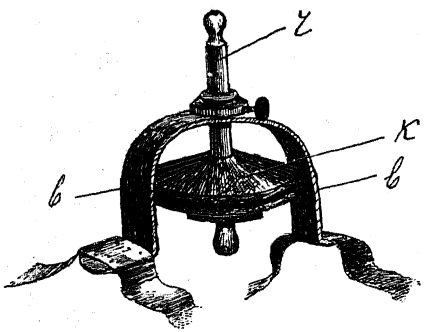


Рис. 120. Сфигмографъ.

Чтобы зарегистрировать измѣненія въ біеніяхъ пульса существуетъ приборъ, который называется сфигмографомъ (рис. 120). Какъ и мареевскій барабанъ, онъ состоитъ изъ металлической чашечки *k*, закрытой каучуковой перепонкой, къ которой прикрѣплена пуговка съ металлической пластинкой. Трубка *r* можетъ выдвигаться и укрѣпляться неподвижно при помощи винта. Трубка прикрѣплена къ дугѣ *bb*, которая привязывается при помощи ленты къ рукѣ. Послѣ того, какъ эта дуга привязана соотвѣтственнымъ образомъ, трубку *r* мы опускаемъ до тѣхъ поръ, пока она не окажетъ умѣреннаго давленія на пульсирующее мѣсто. Послѣ этого чашечка завинчивается. Если мы будемъ прикасаться къ пуговкѣ, то объемъ воздуха, заключеннаго въ камерѣ, образуемой чашечкой и перепонкой, будетъ увеличиваться или уменьшаться. Если эту трубочку при помощи каучуковой трубки соединить съ мареев-

скимъ барабанчикомъ, то измѣненіе объема воздуха въ камерѣ будетъ передаваться указаннымъ выше способомъ къ пишущему прибору барабанчика. Если пуговку сфигмографа наставить на мѣсто радіальной артеріи, т.-е. на мѣсто, гдѣ врачи ощупываютъ пульсъ, то всякое измѣненіе ея будетъ передаваться пишущему аппарату. Въ послѣднее время употребляется сфигмографъ, нѣсколько отличный отъ этого. Въ существенныхъ чертахъ устройство его такое (рис. 121).

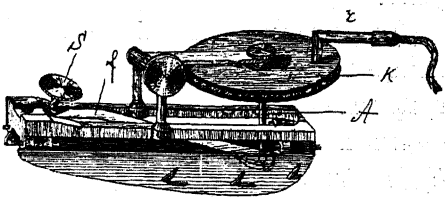


Рис. 121. Сфигмографъ Марея.

Вмѣсто пуговки здѣсь пружина f съ костяной подушечкой B наставляется на артерію. На пружину наставляется металлическій штифтикъ A, который передаетъ всѣ измѣненія, происходящія въ артеріи, въ капсюлю k. Эти послѣднія въ свою очередь будутъ переданы въ мареевскій барабанчикъ съ пишущимъ остріемъ. Такимъ способомъ можно зарегистрировать движенія пульса,

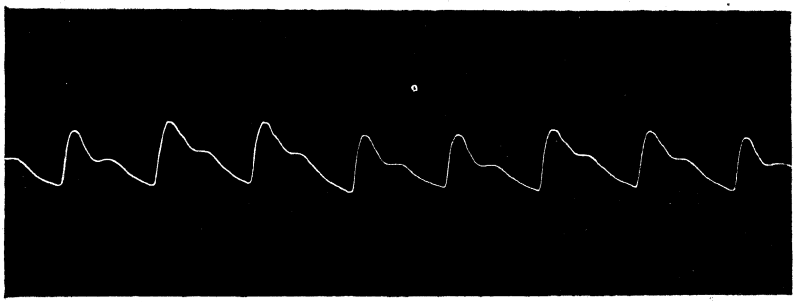


Рис. 122. Сфигмограмма (въ ест. велич.).

которыя записываются въ формѣ кривыхъ линій. Эти кривыя имѣютъ опредѣленную форму: подъемъ и спускъ (рис. 122). Въ пульсовой кривой мы должны отмѣтить высоту и длину.

Кардіографъ—приборъ, регистрирующій движенія сердца. Устроенъ по тому же принципу, по которому устроенъ сфигмографъ. Мы наставляемъ пуговку туда, гдѣ приходятся сердечные толчки, и удары передаются пишущему аппарату. Слѣ-

дуетъ замѣтить, что для психологическихъ цѣлей измѣненія сердечной дѣятельности оказываются мало пригодными: они такъ индивидуально различны, что закономѣрности отыскать здѣсь нельзя. Психологи совсѣмъ не пользуются кардіографомъ.

Дыхательныя движенія могутъ быть зарегистрированы съ помощью прибора, сходнаго по своему устройству со сфигмографомъ. Онъ называется пнеймографъ (рис. 123). Онъ состоитъ изъ металлической чашечки K съ перепонкой; если мы будемъ надавливать на эту послѣднюю, то объемъ воздуха въ чашечкѣ будетъ измѣняться, и это измѣненіе будетъ извѣстнымъ уже намъ способомъ передаваться пишущему прибору. Но здѣсь имѣется одно добавочное приспособленіе, посредствомъ

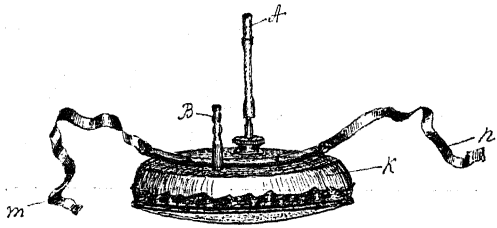


Рис. 123.

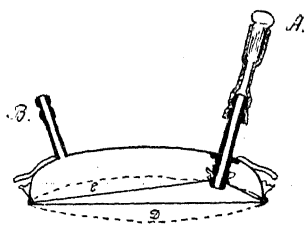


Рис. 124.

котораго перепонкѣ можно придать выпуклую форму (рис. 124). Къ металлической чашечкѣ прикрѣплены двѣ металлическія трубки — A и B. Пунктирныя линіи на рисункѣ представляютъ двѣ гуттаперчевыя перепонки C и D; одна перепонка по отношенію къ другой занимаетъ такое положеніе, что трубка A проходитъ сквозь перепонку C. Если открыть трубку A и втягивать воздухъ черезъ трубку B, то воздухъ устремляется въ пространство между перепонками. Если послѣ этого быстро закрыть пробкой трубку A, въ то время какъ A остается открытой, то воздухъ находящійся между перепонками, растягиваетъ ихъ и придастъ имъ линзообразную форму.

Обыкновенно, если опытъ производится надъ мужчиной, то въ линзообразной формѣ перепонки нѣтъ надобности, такъ какъ у мужчинъ процессъ дыханія происходитъ съ помощью мышеч-

наго расширенія и сокращенія грудной клѣтки и діафрагмы, при чемъ превалируетъ дѣйствіе мышцъ, сокращающихъ діафрагму. Въ силу этого процессъ дыханія выраженъ лучше, и подушечка, прилегая плотно, передаетъ на пишущій аппаратъ малѣйшее движеніе грудобрюшной преграды. Когда опытъ производится надъ мужчинами, то пнеймографъ привязывается лентами *n* и *m* къ тому мѣсту, къ которому привязывается поясъ. Иное дыханіе происходитъ у женщинъ. У нихъ дыханіе, главнымъ образомъ, наиболѣе отчетливо выражается въ сокращеніи грудной клѣтки, поэтому удобнѣе производить изслѣдованіе, прислоняя подушечку къ груди, а для этого необходимо придать подушечкѣ линзообразную форму; тогда малѣйшее измѣненіе грудной клѣтки передается и отмѣчается на пишущемъ приборѣ.

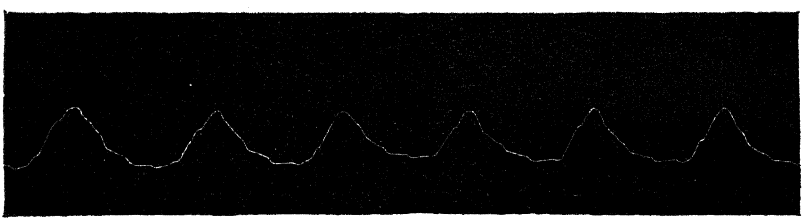


Рис. 125. Пнеймограмма (уменьшена въ половину).

Дыхательныя движенія стоятъ въ наиболѣе тѣсной связи съ душевными движеніями, поэтому дыхательныя движенія являются наиболѣе важными для изученія тѣхъ или иныхъ психическихъ процессовъ. Пнеймограмму см. на рис. 125.

Весьма употребителенъ для психологическихъ цѣлей приборъ плетисмографъ. Его отличіе отъ сфигмографа заключается въ слѣдующемъ. Съ помощью сфигмографа мы можемъ отмѣчать измѣненія, происходящія въ радіальной артеріи. Но вѣдь въ психическомъ процессѣ, который мы изслѣдуемъ, часто измѣняется не только одна радіальная артерія, но всѣ кровеносные сосуды, въ которыхъ притокъ и оттокъ крови можетъ быть больше или меньше. Они измѣняютъ свой просвѣтъ въ зависимости отъ того или иного психическаго состоянія. Для регистраціи этихъ измѣненій и примѣняется плетисмографъ. Сущность

его въ главныхъ чертахъ заключается въ слѣдующемъ (рис. 126). Жестяной сосудъ Q находится на висячей подставкѣ. Къ нему къ закрытой части придѣланъ рукавъ изъ тонкаго каучука. Испытуемый вдѣваетъ руку въ этотъ рукавъ и просовываетъ ее до конца сосуда. Весьма важно, чтобы рука во время опыта была совершенно неподвижна. Неподвижность руки обезпечивается тѣмъ, что есть особая поддержка для локтя P, которую можно передвигать взадъ и впередъ и которую, послѣ того какъ рука установилась соотвѣтственнымъ образомъ, можно привинтить къ основной подставкѣ. Въ сосудъ черезъ особый кранъ K пропускается тепловатая вода, которая охватываетъ со всѣхъ сторонъ каучуковый рукавъ со вложенной въ него рукой, и поднимается въ стеклянной трубкѣ F до средней высоты. Стеклянная трубка посредствомъ каучуковой трубки соединяется съ мареевскимъ барабаномъ. Всѣ измѣненія, которыя будутъ происходить въ рукѣ—увеличеніе или уменьшеніе ея объема,—будутъ производить измѣненія въ объемѣ жидкости въ сосудѣ. Эти измѣненія въ свою очередь, по легко понятнымъ причинамъ будутъ передаваться пишущему прибору. Такъ, напримѣръ, если мы переживаемъ элементарныя чувства — удовольствія, страха, или совершаемъ извѣстную умственную работу—все это должно отразиться на объемной кривой, получаемой посредствомъ пишущаго аппарата. Въ этомъ отношеніи плетисмографъ представляетъ одинъ изъ очень важныхъ приборовъ для регистрированія выраженій. Плетисмограмму см. на рис. 127.

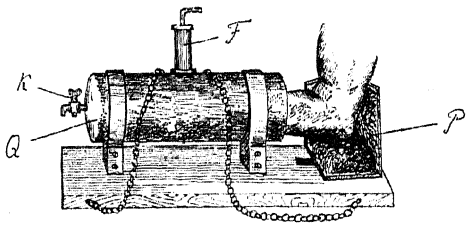


Рис. 126. Плетисмографъ.

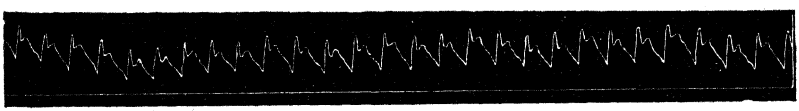


Рис. 127. Плетисмограмма (по Леману).

Къ числу приборовъ, служащихъ для регистраціи движеній, относится также и эргографъ (рис. 122). Онъ даетъ возможность измѣрить работоспособность мышцы, главнымъ образомъ, пальцевъ руки. Сущность аппарата заключается въ томъ, что работа, производимая мышцей, зарегистровывается въ формѣ опредѣленной кривой. Испытуемый производитъ движеніе

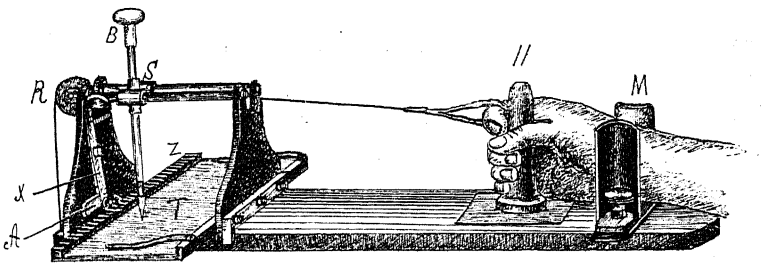


Рис. 128. Эргографъ Дюбуа.

какимъ-нибудь пальцемъ, въ данномъ случаѣ указательнымъ, именно, производитъ поднятіе груза. Къ шнуру *R* прикрѣпляется гиря, обыкновенно въ 10—15 фунтовъ. Въ петлю *H* вдѣвается указательный палецъ, и подъ тактъ метронома, отбивающаго промежутокъ въ 2 секунды, испытуемый производитъ

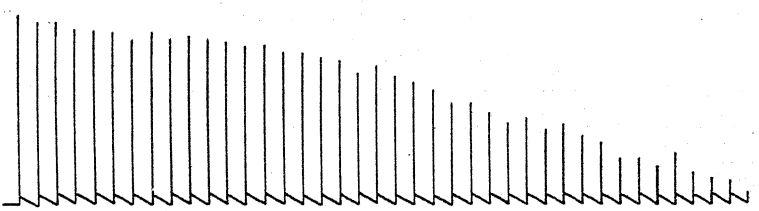


Рис. 129. Эргограмма, полученная при помощи Эргографа Дюбуа.

поднятіе и опусканіе до тѣхъ поръ, пока онъ въ состояніи это дѣлать. Когда наступаетъ полная усталость, испытуемый прекращаетъ движеніе. Чтобы работали мышцы только указательнаго пальца, а рука не принимала участія въ движеніи, она должна быть неподвижна. На приборѣ имѣются двѣ подвижныя подставки *M*, между которыми рука слегка зажимается. Регистрація мышечной работы пальца происходитъ слѣдующимъ

образомъ. Когда тяжесть поднимается и опускается, то вмѣстѣ съ веревкой, къ которой привязана тяжесть, движется взадъ и впередъ карандашъ S, который на миллиметрической бумагѣ T пишетъ вертикальныя линіи, соотвѣтствующія высотѣ поднятія тяжести. На аппаратѣ есть приспособленіе, благодаря которому при каждомъ опусканіи тяжести внизъ дощечка Z, на которой находится миллиметрическая бумага, передвигается, и получается рядъ вертикальныхъ линій. Въ первые моменты, когда испытуемый производитъ сильныя движенія, линія получается длинная; послѣ того, какъ палецъ устаетъ, линіи становятся короче и короче. По величинѣ и количеству

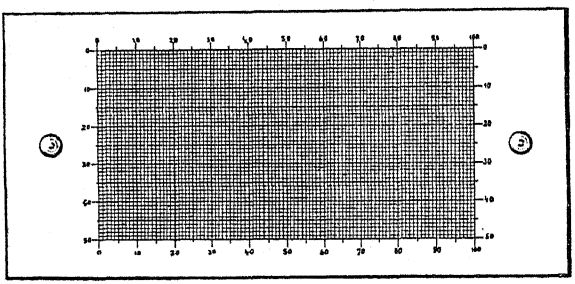


Рис. 130.

этихъ линій можно судить о ходѣ мышечной работы того или иного индивидуума (см. рис. 129). Съ помощью эргографа можно опредѣлить вліяніе тѣхъ или другихъ веществъ, принятыхъ внутрь, на мышечную силу. Можно также изслѣдовать вопросъ о вліяніи психической дѣятельности на мышечную силу.

Слѣдуетъ замѣтить, что вмѣстѣ со сфигмографомъ, пнеймографомъ, плетисмографомъ долженъ дѣйствовать отмѣтчикъ. Онъ служитъ, съ одной стороны, для того, чтобы отмѣчать время. Отмѣчаются секунды или части секунды, и мы по этимъ отмѣткамъ можемъ судить, какую форму принялъ тотъ или иной процессъ въ тотъ или иной промежутокъ времени. Съ другой стороны, отмѣтчикъ можетъ служить для того, чтобы отмѣчать моментъ, въ который вступаетъ въ дѣйствіе изучаемое нами переживаніе. Это дѣлается такимъ образомъ. Сначала линія, которую пишетъ отмѣтчикъ, будетъ прямая Въ моментъ всту-

пленія въ дѣйствіе изучаемаго переживанія прямая отклоняется, и въ тотъ моментъ пульсовая или иная кривая должна претерпѣвать какое-нибудь измѣненіе.

Для измѣренія кривыхъ слѣдуетъ пользоваться пластинкой стекла, на которой имѣется сѣтка съ миллиметрическими дѣленіями. (рис. 130). Измѣривъ кривыя, мы можемъ графически изобразить ходъ измѣненія тѣхъ или иныхъ кривыхъ.

Задача 57. Получите сфигмограмму при нормальныхъ условіяхъ.

Задача 58. Получите пнеймограмму при нормальныхъ условіяхъ.

Задача 59. Получите объемную кривую при нормальныхъ условіяхъ.

Задача 60. Получите эргограмму.

Задача 61. Получите сфигмограмму, пнеймограмму и объемную кривую при спеціальныхъ условіяхъ. Это послѣднее можно достигнуть, напр., при различныхъ душевныхъ движеніяхъ. У испытуемаго можно вызывать чувство удовольствія или неудовольствія, заставляя вдыхать ароматическія или имѣющія дурной запахъ вещества, кладя на языкъ хину и т. п. Можно вызывать аффектъ, напр., выстрѣломъ изъ дѣтскаго пистолета, или заставлять производить какіе-нибудь умственные процессы, напр., умноженіе двузначнаго числа на двузначное и т. п. Отмѣтьте различіе кривыхъ при нормальныхъ и спеціальныхъ условіяхъ.

Литература.

Marey. La méthode graphique dans les sciences expérimentales. Paris. 1885.
Langendorf. Physiologische Graphik. 1891.
Тигерстедтъ. Учебникъ физіологіи человѣка. Т. I. Спб. 1901.
Weber. Der Einfluss psychischer Vorgänge auf den Körper. Berlin. 1910 (здѣсь же указаніе литературы).
Wundt. Grundzüge der physiologischen Psychologie. 1910. B. II.
Вундтъ. Основанія физіологической психологіи. Спб. 1910 г.
Lehmann. Körperliche Äusserungen psychischer Zustände I—III. Lpz. 1899—1905.
Binet et Henri. La fatigue intellectuelle. Paris.
Бинэ и Анри. Умственное утомленіе. М. 1899.
Tigerstedt. Handbuch der physiologischen Methodik. Erster Band. 4 Abtheilung. Allgemeine Methodik I—II. Lpz. 1910—1911.
Binet. Année psychologique (въ этомъ журналѣ содержится рядъ статей, посвященныхъ графическимъ изслѣдованіямъ душевныхъ явленій).
Schackwitz. Ueber die Methoden der Messung unbewusster Bewegungen. Archiv für die gesammte Psychologie XXVI (содержится полный перечень новѣйшей литературы по вопросу о регистраціи движеній).

ГЛАВА XVI.

Изслѣдованіе памяти.

Первымъ, положившимъ начало экспериментальному изслѣдованію памяти, былъ Эббингаусъ [1]). Для измѣренія памяти надо было отыскать однородный матеріалъ, который можно было бы предложить для заучиванія. Для этой цѣли Эббингаусъ бралъ безсмысленные слоги, составленные слѣдующимъ образомъ. Берется гласная, и съ обѣихъ сторонъ приставляется по согласной. Если полученный такимъ образомъ слогъ имѣетъ какой-нибудь смыслъ, то онъ отбрасывается. Оставляются для пользованія только такіе слоги, которые не имѣютъ никакого смысла. Безсмысленные слоги играютъ роль единицъ для измѣренія, потому что они совершенно однородны. Если мы возьмемъ два какихъ-нибудь ряда, состоящихъ изъ одинаковаго числа безсмысленныхъ слоговъ, то можно утверждать, что съ точки зрѣнія трудности усвоенія оба ряда будутъ тождественны. Если бы мы взяли двѣ строчки стихотвореній, тамъ этого не могло бы быть. Одна строчка могла бы оказаться болѣе легкой для изученія, чѣмъ другая, хотя бы число слоговъ въ одной строчкѣ и въ другой было одинаково.

Мюнстербергъ предложилъ пользоваться другимъ однороднымъ матеріаломъ, именно, цифрами. Однородность этого матеріала можно иллюстрировать слѣдующимъ образомъ. Напримѣръ, число 178—это рядъ извѣстной длины; если прибавить еще нѣсколько цифръ и получить рядъ 178632—то это будетъ рядъ двойной длины. Преимущество пользованія цифрами

---

[1]) Ueber das Gedächtniss. 1885.

для цѣлей измѣренія памяти заключается еще и въ томъ, что въ нихъ не возникаетъ ассоціацій. Поэтому нѣкоторые изслѣдователи предпочитаютъ производить опыты съ цифрами, а не со слогами. Само собою разумѣется, что, если бы мы взяли рядъ, который напоминалъ бы годъ какого-нибудь событія, напр. 1812, то такой рядъ былъ бы непригоденъ для эксперимента: онъ запоминался бы при помощи ассоціаціи. По этой же причинѣ нельзя брать, напр., такой рядъ 12345.

Для измѣренія памяти нужно указанный только что матеріалъ выучивать. Выучиваніе должно подчиняться одному условію,—именно, нужно, чтобы элементы (слоги, цифры), которые должны быть выучены, представлялись сознанію опредѣленное количество времени. Всѣ элементы должны предъявляться, экспонироваться одинаковое количество времени, потому что, если одни будутъ предъявляться дольше, чѣмъ другіе, то условія для заучиванія окажутся не одинаковыми. Чтобы каждый слогъ или цифра воспринимались одинаковое количество времени, понадобился особый аппаратъ, который механически предъявляетъ слоги или цифры и производитъ то, что каждое раздраженіе экспонируется одинаковое количество времени. Въ самомъ общемъ видѣ аппаратъ имѣетъ такой видъ. Въ немъ есть окошечко, въ которомъ появляется одинъ какой-либо слогъ или цифра, или, вообще, раздраженіе, которое экспонируется опредѣленное количество времени, напр., 1 сек., $1^1/_2$ сек., 2 сек. и т. д. Затѣмъ этотъ слогъ исчезаетъ, и вмѣсто него въ окошечкѣ появляется другой слогъ, экспонируется такое же количество времени, затѣмъ появляется третій слогъ и т. д. Окошечко имѣетъ такіе размѣры, чтобы былъ виденъ одинъ только слогъ.

Описанную здѣсь смѣну раздраженій мы имѣемъ возможность производить съ помощью различныхъ аппаратовъ.

Аппаратъ, который для этой цѣли употреблялъ Г. Э. Мюллеръ, заключается въ слѣдующемъ (рис. 131). На барабанъ *B* кимографа натянута полоска бумаги съ написанными на ней слогами. Движеніе барабана производится съ помощью часового механизма *M*, который приходитъ въ движеніе, благодаря

опускающейся гирѣ *Г*. Движеніе часового механизма, благодаря тренію диска *К*, приводимому имъ въ движеніе, передается зубчатому колесу, которое своимъ движеніемъ заставляетъ вращаться барабанъ. Передъ барабаномъ находится экранъ, въ окошечкѣ котораго появляются слоги, слова или, вообще, какія бы то ни было раздраженія, которыя возникаютъ въ извѣстной послѣдовательности и экспонируются опредѣленное количество времени. Эта длительность экспозиціи можетъ быть измѣняема съ помощью ряда условій.

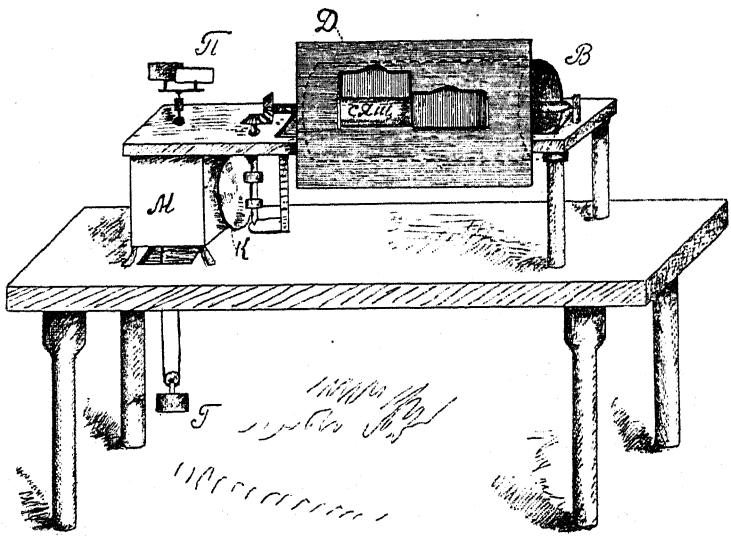


Рис. 131.

Величина окошечка на экранѣ можетъ измѣняться съ помощью задвижки. При увеличеніи окошечка длительность экспозиціи возрастаетъ, при уменьшеніи окошечка длительность экспозиціи уменьшается. Если уменьшить тяжесть—то уменьшится скорость движенія. На аппаратѣ есть такъ наз. крылья *П*, которыя можно раздвигать и такимъ образомъ оказывать сопротивленіе движенію часового механизма. Въ этомъ случаѣ движеніе барабана замедлится. Наконецъ, есть еще одинъ способъ замедлять или ускорять движеніе. Именно, на аппаратѣ есть винтъ, съ помощью котораго можно увеличивать или

уменьшать треніе. Итакъ, увеличивая или уменьшая тяжесть, треніе и сопротивленіе воздуха, мы имѣемъ возможность въ довольно большихъ предѣлахъ измѣнять скорость движенія барабана, а вмѣстѣ съ этимъ и длительность предъявленія раздраженія.

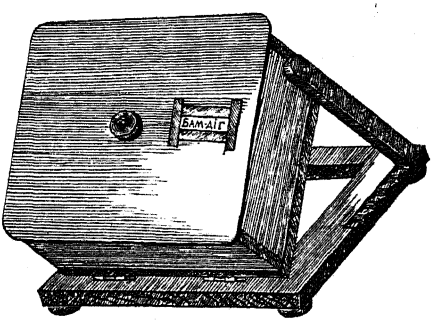


Рис. 132. Внѣшній видъ аппарата Раншбурга.

Барабаны употребляются различныхъ размѣровъ въ зависимости отъ количества слоговъ, съ которымъ желаетъ оперировать экспериментаторъ.

При помощи этого аппарата было сдѣлано много опытовъ, но въ немъ оказался весьма существенный недостатокъ, — именно, у нѣкоторыхъ испытуемыхъ вращеніе барабана вызываетъ головокруженіе. Кромѣ того, было предпочтительнѣе производить экспонированіе раздраженій съ остановками. Это послѣднее мы имѣемъ въ аппаратѣ Раншбурга, въ которомъ (рис. 135) вмѣсто ленты имѣется кружокъ, раздѣленный радіусами на 60 клѣтокъ одинаковой величины. Передъ кружкомъ находится экранъ съ окошечкомъ. Когда кружокъ вращается, мы получаемъ въ окошечкѣ смѣну слоговъ, подобно тому, какъ это мы имѣли въ аппаратѣ Мюллера.

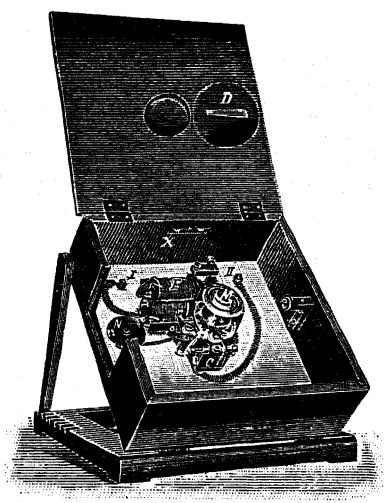


Рис. 133. Видъ аппарата Раншбурга съ внутренней стороны.

Для того, чтобы производить движеніе съ остановками равномѣрно, такъ что бы раздраженіе экспонировалось опре-

дѣленное количество времени, въ этомъ аппаратѣ имѣется слѣдующее приспособленіе.

Подъ кружкомъ находится зубчатое колесо A, содержащее 60 зубчиковъ (рис. 135). Къ кружку примыкаетъ рычажокъ N. Онъ установленъ такимъ образомъ, что захватываетъ за зубецъ кружка A. Если мы потянемъ рычажокъ влѣво, какъ это показано стрѣлкой на рисункѣ, то онъ захватитъ зубецъ, и кругъ сдѣлаетъ движеніе въ направленіи, указанномъ стрѣлкой. Рычажокъ, благодаря пружинѣ, приходитъ въ прежнее положеніе и захватываетъ за новый зубецъ, и, если его снова оттянуть влѣво, то онъ снова приведетъ кружокъ въ движеніе. Какъ можно достичь того, чтобы привести рычажокъ въ такое движеніе, которое бы сообщало непрерывное движеніе кружку? Дѣлается это съ помощью электромагнита E, черезъ который пропускается токъ. Если мы токъ замыкаемъ, то рычажокъ притягивается къ электромагниту и поворачиваетъ кружокъ на одинъ зубецъ. Если мы токъ разомкнемъ, то рычажокъ въ силу дѣйствія пружины вернется въ прежнее положеніе и схватится за слѣдующій зубецъ. Такимъ образомъ, кружокъ съ каждымъ замыканіемъ тока движется. На этотъ кружокъ накладывается картонный дискъ, раздѣленный на 60 частей. На каждой части можетъ

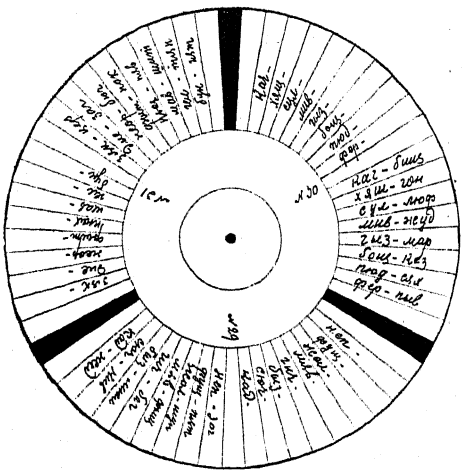


Рис. 134.

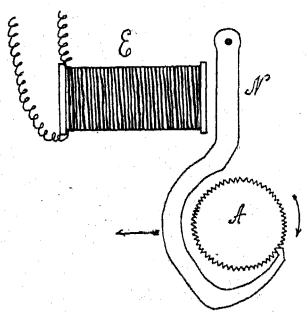


Рис. 135.

быть написано раздраженіе. Одно раздраженіе приходится противъ окошечка. Изъ указаннаго выше расположенія ясно, что, пока токъ не замкнутъ, раздраженіе остается въ окошечкѣ. Когда токъ замыкается, то металлическій кружокъ передвинется на одинъ зубецъ, и данное раздраженіе исчезнетъ изъ окошечка, его мѣсто заступитъ другое раздраженіе. Такимъ образомъ, раздраженіе передвигается только въ тотъ моментъ, когда токъ замыкается, а между двумя замыканіями оно остается у окошечка. Этому промежутку между двумя замыканіями можно придавать какое угодно время. Разъ такъ, мы можемъ экспонировать раздраженіе такое количество времени, какое намъ нужно.

Теперь намъ нужно въ этомъ аппаратѣ имѣть такое приспособленіе, при помощи котораго мы могли бы замыкать токъ, затѣмъ размыкать и, наконецъ, снова замыкать въ такіе промежутки, въ какіе намъ это необходимо. Для этого существуютъ автоматическіе прерыватели тока. Одинъ изъ такихъ прерывателей связанъ съ метрономомъ.

Изъ описанія, приведеннаго выше (см. стр. 172), мы знаемъ, что токъ замыкается при погруженіи штифтика въ чашечку и размыкается, когда штифтикъ выходитъ изъ чашечки. Такимъ образомъ, когда маятникъ метронома сдѣлаетъ полный оборотъ, мы получимъ два замыканія тока. Когда происходятъ замыканія, то кружокъ приходитъ въ движеніе. Въ промежуткѣ между двумя замыканіями изображеніе остается въ окошечкѣ.

Какимъ образомъ этотъ прерыватель соединяется съ вышеописаннымъ аппаратомъ Раншбурга? Пониманію этого могутъ помочь двѣ схемы, которыя показываютъ, какъ нужно произвести соединеніе проводовъ. Кромѣ того, изъ этой схемы видно, какъ идетъ токъ въ моментъ погруженія штифтика коромысла въ правую ртутную чашечку и въ моментъ погруженія штифтика въ лѣвую чашку (рис. 136 и 137). Въ первомъ случаѣ токъ идетъ отъ батареи черезъ ключъ, правую половину коромысла, правую ртутную чашечку, аппаратъ и возвращается въ

батарею. Путь тока при погруженіи штифтика въ лѣвую чашечку виденъ на рис. 137.

При помощи аппарата Раншбурга можно производить всевозможныя изслѣдованія, касающіяся памяти. Мы можемъ оперировать съ 60 раздраженіями. Если мы заставимъ весь кругъ повернуться одинъ разъ, то каждое впечатлѣніе повторится одинъ разъ; если заставить кругъ повернуться 2—3 раза, то впечатлѣнія повторятся 2—3 раза и т. д.

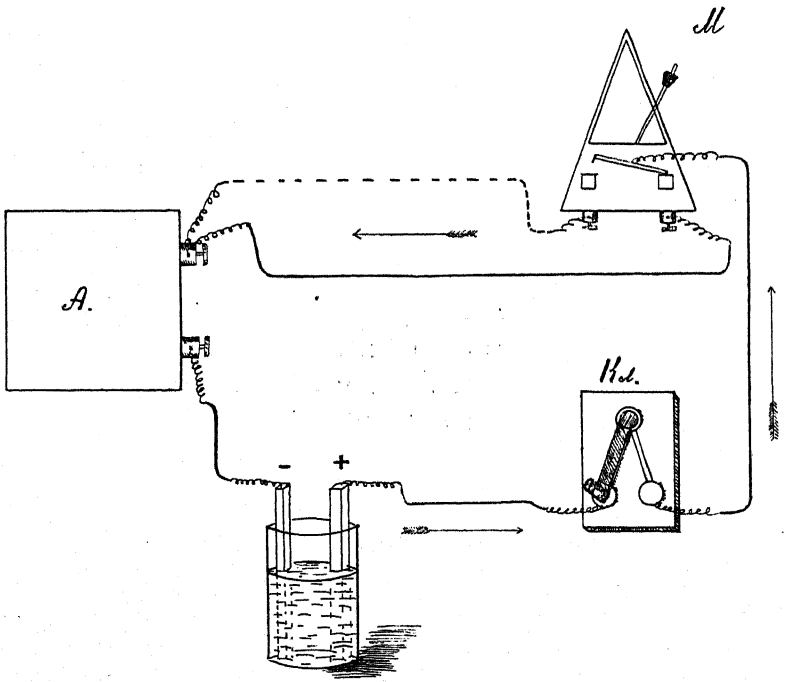


Рис. 136.

Аппаратъ Раншбурга можно соединить съ Гипповскимъ хроноскопомъ. Легко понять, какъ это дѣлается, если вспомнить, что рычажокъ *N* можетъ производить движеніе влѣво. Въ хроноскопѣ, для того, чтобы стрѣлки пошли въ ходъ, надо, чтобы токъ былъ замкнутъ. Отъ хроноскопа въ аппаратъ Раншбурга идутъ два провода, которые надо замкнуть. Производится это такимъ образомъ: у рычажка есть пластинка, которая при движеніи рычажка замыкаетъ токъ. Такимъ образомъ, время

между началомъ дѣйствія раздраженія и появленіемъ извѣстнаго впечатлѣнія, напр., представленія по ассоціаціи, можно измѣрить [1]).

Въ этомъ аппаратѣ есть также недостатокъ, который въ нѣкоторыхъ случаяхъ является весьма существеннымъ, именно, онъ издаетъ стукъ, что при нѣкоторыхъ изслѣдованіяхъ памяти

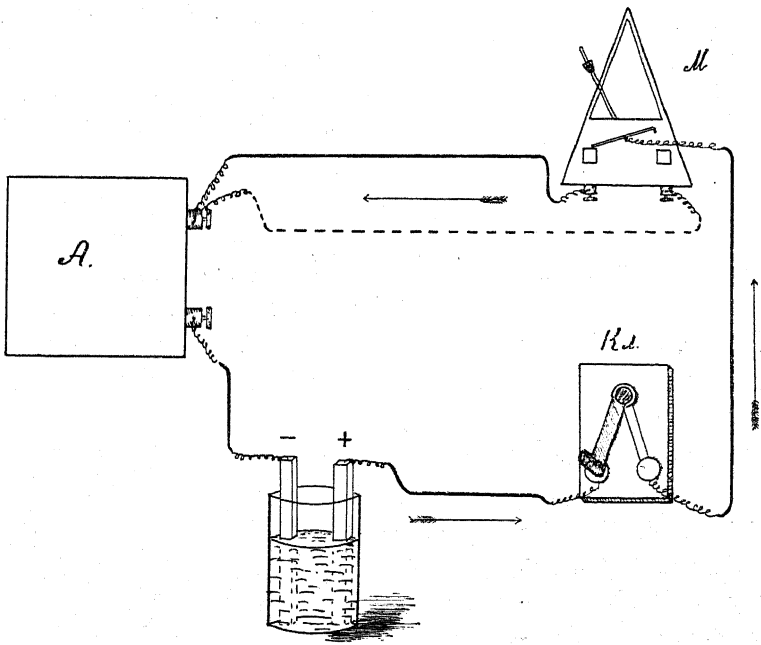


Рис. 136*b*.

оказываетъ весьма неблагопріятное вліяніе на вниманіе испытуемаго.

Этотъ недостатокъ устраненъ въ аппаратѣ Вирта (рис. 137 и 138). Вмѣсто рычажка, приводящаго дискъ во вращательное движеніе, въ аппаратѣ Вирта имѣется кругъ *R* съ рядомъ зубцовъ, вращающійся съ помощью тяжести *G*; затѣмъ имѣются два крючка *H* и *H*. При такомъ положеніи крючка *H* (съ лѣвой стороны),

[1]) Подробное описаніе аппарата Раншбурга можно найти въ статьѣ Раншбурга, помѣщенной въ Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie B. X. Heft 5.

какое изображено на рисункѣ, зубецъ диска заходитъ за него такимъ образомъ, что дискъ не можетъ двигаться. Если отодвинуть крючокъ влѣво, то дискъ начнетъ двигаться по направленію, указанному стрѣлкой, но двигаясь, зацѣпится за крючокъ *H* съ другой стороны и остановится. Если отодвинуть и этотъ крючокъ, то дискъ придетъ въ движеніе, но опять зацѣпится за первый крючокъ. Чтобы заставить дискъ двигаться непрерывно, надо заставить крючки двигаться и возвращаться въ прежнее положеніе. Это достигается при помощи электромагнитовъ M_I и M_{II} (рис. 138). Если крючокъ отодвигается, благодаря притяженію электромагнита M_I, дискъ придетъ въ движеніе, а затѣмъ зацѣпится за другой крючокъ. Другой магнитъ M_{II} притягиваетъ другой крючокъ и освобождаетъ движеніе, но въ силу дѣйствія пружины каждый крючокъ возвращается на прежнее мѣсто. Такимъ образомъ можно заставить дискъ вращаться непрерывно съ остановками. Движеніе происходитъ между двумя замыканіями.

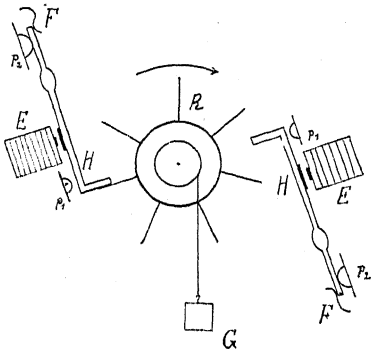


Рис. 137.

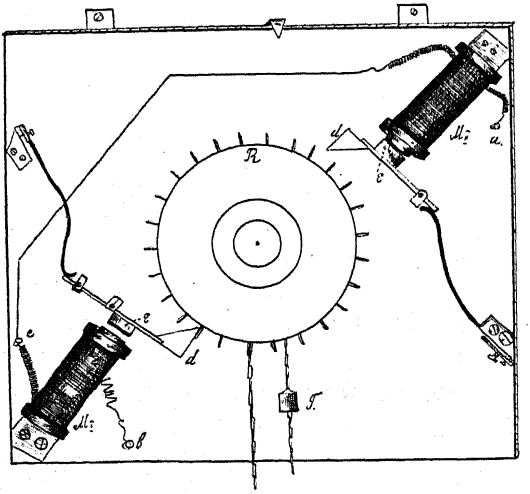


Рис. 138.

Все остальное — какъ въ аппаратѣ Раншбурга.

Чтобы избѣжать шума отъ метронома, его можно помѣстить въ другой комнатѣ. Еще меньше будетъ шума отъ него, если

его поставить на подушку изъ ваты и покрыть стекляннымъ колпакомъ.

Какъ составляются слоги, именно, тотъ матеріалъ, съ помощью котораго главнымъ образомъ производятся изслѣдованія надъ измѣреніемъ памяти?

Эббингаусъ бралъ гласныя буквы и присоединялъ къ нимъ согласныя съ той и съ другой стороны. Важно было, чтобы въ полученномъ такимъ образомъ слогѣ не было смысла. Если смыслъ получался, то такой слогъ отбрасывался, какъ непригодный. Оставались только такіе слоги, въ которыхъ не получалось никакого смысла. Такимъ образомъ, Эббингаусъ составилъ опредѣленное количество слоговъ и пользовался ими въ своихъ изслѣдованіяхъ.

Мюллеръ и Шуманъ, которые подвергли вопросъ о матеріалѣ для изслѣдованія памяти новому разсмотрѣнію, нашли, что при составленіи слоговъ должны быть приняты въ соображеніе еще и другія обстоятельства. Именно, они нашли, что одной безсмысленности мало, потому что полученные слоги могутъ отличаться большей легкостью или меньшей. Въ этомъ отношеніи въ матеріалъ изученія необходимо внести извѣстную однородность. Это достигается тѣмъ, что слоги или сочетанія слоговъ, слишкомъ легкія или слишкомъ трудныя, отбрасываются. Въ этомъ отношеніи Мюллеръ и Шуманъ выработали слѣдующія правила. Слоги слишкомъ легки, если они имѣютъ одинаковую начальную согласную, напр., д у н и д и м.

Далѣе, если они риѳмуютъ: напр., д у н—б у н.

Если слоги, слѣдующіе другъ за другомъ, имѣютъ одну и ту же гласную, напр., к а м—д а б.

Если слоги, принадлежащіе къ одной парѣ, имѣютъ одинаковую начальную и конечную букву к а м—д а к или, наоборотъ, одинаковую конечную и начальную согласную, напр., м а д—д а к.

Если два или больше слоговъ образуютъ какое-либо слово, напр., с у н—д у к.

При составленіи ряда нельзя допускать этихъ случаевъ. Слѣдуетъ также избѣгать слоговъ, которые трудны для произношенія, напр., въ такихъ сочетаніяхъ: х ы н, щ ю в и т. п.

Мюллеръ и Шуманъ при составленіи рядовъ для своихъ экспериментовъ поступали слѣдующимъ образомъ. Они брали три ящика: въ одномъ лежали написанныя на отдѣльныхъ бумажкахъ начальныя согласныя буквы, въ другомъ—всѣ гласныя, въ третьемъ конечныя согласныя. Для образованія слоговъ они берутъ изъ перваго ящика буквы, идущія на начало слоговъ, изъ второго для середины, а изъ третьяго—для конца. Такимъ образомъ получается первый слогъ. Этимъ же способомъ составляются всѣ остальные слоги. Въ первомъ ящикѣ согласныхъ было 17, во второмъ—гласныхъ 11, въ третьемъ—конечныхъ согласныхъ 16. Буквы, которыя служили для образованія одного слога, до тѣхъ поръ не клались обратно въ соотвѣтствующій ящикъ, пока не заканчивалось построеніе цѣлаго ряда. При помощи такого процесса они достигали того, что всѣ начальныя и конечныя согласныя ряда слоговъ были различными. Чтобы слоги не повторялись, по крайней мѣрѣ, въ такой промежутокъ времени, въ который они могутъ лицу испытуемому показаться извѣстными, они придумали способъ регистрировать слоги, бывшіе въ употребленіи. Для этого они составляютъ «таблицу слоговъ» слѣдующимъ образомъ (рис. 130). Таблица состоитъ изъ квадратиковъ. Квадратики, расположенные въ вертикальномъ направленіи, соотвѣтствуютъ 16 начальнымъ согласнымъ; квадратики, расположенные въ горизонтальномъ направленіи, соотвѣтствуютъ гласнымъ. Если указаннымъ выше способомъ при каждомъ выниманіи изъ ящика начальныхъ согласныхъ, гласныхъ или конечныхъ согласныхъ получался слогъ, то въ случаѣ, если слогъ былъ допустимъ, конечная согласная вносилась въ тотъ квадратикъ слоговой таблицы, который соотвѣтствовалъ какъ начальной согласной, такъ и гласной слога. На рис. 139 обозначаются такимъ способомъ слоги, бывшіе въ употребленіи. Цифры при согласныхъ обозначаютъ дни, въ которые эти слоги встрѣчались.

Изъ этого видно, какое важное значеніе придается тому обстоятельству, чтобы слоги представляли однородный матеріалъ. Нѣмецкій психологъ Руппъ составилъ книжку, содержащую всѣ слоги, которые могутъ быть употребляемы. Взяты

только опредѣленные слоги, а всѣ неподходящіе выброшены. Если производить опыты съ такого рода слогами, то можно сказать, что мы оперируемъ съ однороднымъ матеріаломъ, и въ такомъ случаѣ можно производить сравненіе результатовъ изслѣдованія. Если же это условіе не соблюдено, сравненіе результатовъ изслѣдованія окажется сомнительнымъ [1]).

Для изслѣдованія памяти были предложены различные методы.

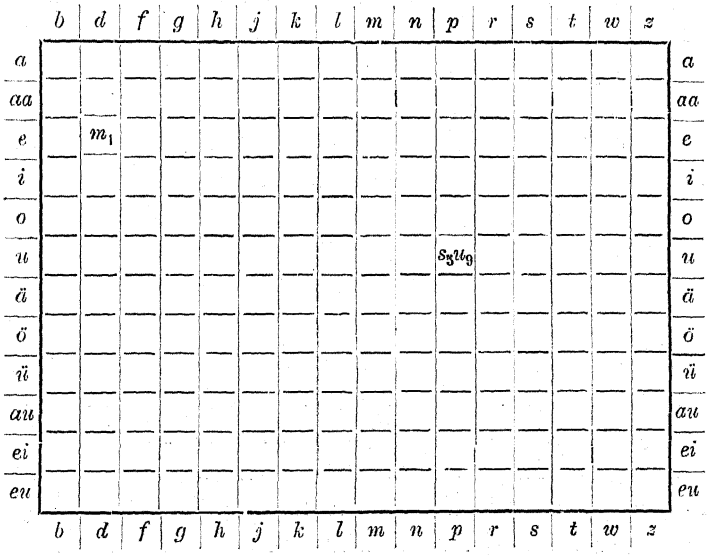


Рис. 139. Слоговая таблица.

Первый методъ, который называется методомъ выучиванія (Erlernungsmethode), заключается въ слѣдующемъ.

Передъ испытуемымъ въ послѣдовательномъ порядкѣ смѣняется рядъ, напр., изъ 12 слоговъ. Испытуемому поставляется задача изучить эти 12 слоговъ послѣ извѣстнаго числа повтореній до возможности безошибочнаго ихъ воспроизведенія. Этотъ рядъ проходитъ передъ испытуемымъ одинъ разъ, затѣмъ дѣлается пауза, и испытуемый дѣлаетъ попытку воспроизвести

[1]) Такого рода книжка для употребленія въ русскихъ лабораторіяхъ составлена въ Московскомъ Психологическомъ Институтѣ В. М. Экземплярскимъ и въ непродолжительномъ времени будетъ напечатана.

ихъ: послѣ перваго раза это не удается сдѣлать. Затѣмъ рядъ проходитъ во второй, 3-й разъ и т. д., и послѣ каждаго раза испытуемый дѣлаетъ попытку воспроизвести ихъ. Это онъ дѣлаетъ до тѣхъ поръ, пока указанный рядъ онъ будетъ въ состояніи воспроизвести безошибочно. Число повтореній, которое понадобилось для этого, и будетъ служить коэффиціентомъ запоминанія.

Второй методъ называется методомъ удачныхъ отвѣтовъ или методомъ удачныхъ случаевъ (Treffermethode). Сущность его заключается въ слѣдующемъ. Испытуемому предлагаютъ ряды паръ слоговъ (напр., 12), которые онъ долженъ при заучиваніи читать въ трохаическомъ размѣрѣ, т.-е. съ удареніемъ на первомъ слогѣ. Напр., такъ:

бáм—луц
кáн—дим
чóр—лек

и т. д. Когда рядъ изъ 10 слоговъ будетъ прочитанъ, напр., 5 разъ, испытуемому показываютъ или произносятъ первую половину каждой пары, напр., бам; онъ долженъ воспроизвести луц. Ему затѣмъ даютъ слогъ кан — онъ долженъ воспроизвести слогъ дим и т. д. Количество удачно воспроизведенныхъ слоговъ является показателемъ крѣпости ассоціацій.

Въ изслѣдованіяхъ по методу удачныхъ отвѣтовъ можно опредѣлять также и время воспроизведенія при помощи хроноскопа Гиппа. Именно, извѣстнымъ намъ уже способомъ стрѣлки хроноскопа приводятся въ движеніе въ тотъ моментъ, когда испытуемому предъявляется первый слогъ пары, и движеніе ихъ останавливается, когда испытуемый произноситъ второй слогъ той же пары. Чѣмъ быстрѣе воспроизведеніе, тѣмъ болѣе прочно связаны два элемента.

Третій методъ называется методомъ помощи (Methode der Hilfe), который можно также назвать методомъ подсказыванія. Онъ состоитъ въ слѣдующемъ. Испытуемому предлагаютъ изучать рядъ, напр., изъ 12 слоговъ, при чемъ на

это дается 10 повтореній. Послѣ этого ему предлагаютъ воспроизвести ихъ. Онъ можетъ воспроизвести, напр., правильно первый и второй слоги; третьяго слога онъ не можетъ воспроизвести. Тогда экспериментаторъ подсказываетъ ему третій слогъ. Испытуемый воспроизводитъ четвертый и пятый и останавливается на шестомъ, какъ забытомъ. Экспериментаторъ опять подсказываетъ и т. д. Количество подсказываній является показателемъ степени запоминанія.

Четвертый методъ—методъ размѣщенія (Die Methode der Ordnung). Испытуемому предлагаютъ выучить 12 слоговъ, употребивъ на это 10 минутъ. Слоги написаны въ одинъ рядъ. Затѣмъ ему даютъ эти слоги, написанные на отдѣльныхъ бумажкахъ. Испытуемый долженъ расположить слоги въ томъ порядкѣ, въ какомъ они расположены въ дѣйствительности, т.-е. онъ долженъ каждый слогъ помѣстить на томъ мѣстѣ, на какомъ онъ былъ въ дѣйствительности. Если всѣ слоги окажутся на своихъ мѣстахъ, воспроизведеніе будетъ точнымъ. Слоги, которые попали не на свое мѣсто, считаются неправильно разставленными, и каждая такая ошибка обозначается минусомъ. Чѣмъ меньше минусовъ, тѣмъ болѣе точно воспроизведеніе.

Пятый методъ—методъ тождественныхъ рядовъ (M. d. identischen Reihe) или методъ узнаванія. Передъ испытуемымъ проходитъ 10 рядовъ цифръ; онъ внимательно всматривается, чтобы запомнить ихъ. Затѣмъ ему даютъ новый рядъ, состоящій также изъ 10 рядовъ цифръ; между этими послѣдними есть цифры, которыя онъ только что изучалъ. Онъ долженъ сказать, которыя изъ этихъ цифръ прежнія и которыя новыя. То число цифръ, которое онъ правильно узналъ, будетъ коэффиціентомъ узнаванія.

Шестой методъ—методъ удержанныхъ членовъ, (M. d. behaltenen Glieder) который можно было бы рекомендовать для коллективныхъ опытовъ въ классѣ, заключается въ слѣдующемъ. Заставляютъ учениковъ въ классѣ учить наизусть рядъ, напр., изъ 8 слоговъ, въ теченіе опредѣленнаго времени. Затѣмъ требуютъ, чтобы ученики записали, какіе слоги оста-

лись у нихъ въ памяти, не заботясь о порядкѣ ихъ. Число правильно воспроизведенныхъ слоговъ будетъ коэффиціентомъ запоминанія.

Седьмой методъ—методъ сбереженія. Положимъ, что мы спустя часъ послѣ того, какъ выучили рядъ слоговъ по методу выучиванія, сдѣлаемъ попытку воспроизвести выученный рядъ. Весьма возможно, что намъ не удалось бы воспроизвести всѣхъ выученныхъ нами слоговъ. Если такъ, то можно ли опредѣлить, что̀ въ памяти осталось и что̀ потерялось. Чтобы отвѣтить на вопросъ, что осталось у насъ въ сознаніи, слѣдуетъ снова продѣлать ту же работу, т.-е. выучить прежній рядъ до возможности безошибочнаго воспроизведенія. Если при первомъ изученіи пришлось повторить 8 разъ до полнаго изученія, а теперь для точнаго воспроизведенія надо повторить 4 раза, то значитъ, половина работы пропала, половину надо было возстановить. Вмѣсто сравненія числа повтореній можно взять время, потраченное при первомъ изученіи и при второмъ. Отношеніе времени добавочной работы къ той работѣ, которая была сдѣлана въ первый разъ, или числа добавочныхъ повтореній къ тому числу повтореній, которое было произведено первоначально, показываетъ, именно, количество сбереженія. Это есть методъ сбереженія.

Изслѣдованіе съ помощью метода сбереженія можно производить черезъ разные промежутки времени—черезъ одинъ часъ, черезъ 2, 24, 36 часовъ и т. д.

Задача 62. Составить по правиламъ, указаннымъ въ текстѣ: а) 20 безсмысленныхъ слоговъ; b) 10 паръ безсмысленныхъ слоговъ, какъ это нужно для изслѣдованій по методу удачныхъ случаевъ.

Задача 63. Произведите измѣреніе памяти по методу выучиванія и опредѣлите коэффиціентъ запоминанія вашего испытуемаго.

Задача 64. Произведите измѣреніе памяти по методу удачныхъ случаевъ.

Задача 65. Произведите измѣреніе памяти по методу размѣщенія.

Задача 66. Произведите измѣреніе памяти по методу сохраненныхъ членовъ.

Задача 67. Произведите опытъ по методу сбереженія спустя $1\frac{1}{2}$ часа послѣ первоначальнаго изученія.

Литература.

Ebbinghaus. Ueber das Gedächtniss. Lpz. 1885.
G. E. Müller und F. Schumann. Experimentelle Beiträge zur Untersuchung des Gedächtnisses. 1894.
G. E. Müller und Pilzecker. Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtniss. 1900.
Ebbinghaus. Grundzüge der Psychologie. Erster Band. Lpz. 1905.
Эббингаусъ. Очеркъ Психологіи.
Lehmann. Lehrbuch der psychologischen Methodik. 1904.
Мейманъ. Экономія и техника памяти. М. 1913 г.
Meumann. Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Paedagogik, Erster Band. Lpz. 1911.
Мейманъ. Лекціи по экспериментальной педагогикѣ. 3-е изданіе. М. 1914 г.

ГЛАВА XVII.

Экспериментальное изслѣдованіе вниманія.

Для опредѣленія вниманія слѣдуетъ исходить изъ факта *узости* сознанія, т.-е. изъ факта, что въ тотъ или иной моментъ наше сознаніе не можетъ схватить ряда впечатлѣній съ одинаковой ясностью: изъ ряда впечатлѣній оно воспринимаетъ одни болѣе ясно, другія менѣе ясно. Изъ тѣхъ впечатлѣній, которыя въ извѣстный моментъ дѣйствуютъ на наше сознаніе, только небольшая часть сознается ясно. Эти впечатлѣнія, употребляя выраженіе Вундта, находятся *въ ясной точкѣ* сознанія (Blickpunkt des Bewusstseins), всѣ остальныя впечатлѣнія сознаются менѣе ясно, но все-таки находятся въ предѣлахъ сознанія. Они находятся въ *полѣ сознанія* (Blickfeld des Bewusstseins).

Подъ *объемомъ вниманія* понимается то количество представленій, которое въ данный моментъ сознается съ одинаковой ясностью. Нѣкоторые психологи утверждали, что мы сознаемъ вполнѣ ясно въ данный моментъ только одно впечатлѣніе, другіе утверждали, что съ одинаковой ясностью могутъ сознаваться одновременно два представленія, третьи допускали, что такихъ представленій можетъ быть три и болѣе. Для измѣренія объема вниманія необходимо опредѣлить, какое количество впечатлѣній можетъ одновременно сознаваться *съ одинаковой ясностью*, т.-е. такъ, чтобы энергія сознанія распредѣлялась равномѣрно между всѣми впечатлѣніями. Задача рѣшается слѣдующимъ образомъ. Мы предлагаемъ испытуемому субъекту воспринять извѣстное количество впечатлѣній, но по возможности въ короткое время для того, чтобы сознаніе

не перебѣгало отъ одного впечатлѣнія къ другому. Это можно сдѣлать при помощи прибора, который называется тахистоскопомъ.

Опишемъ простѣйшій видъ тахистоскопа, который съ удобствомъ можетъ быть примѣняемъ на практическихъ занятіяхъ; это, именно, тахистоскопъ Вундта. Въ существенныхъ чертахъ онъ заключается въ слѣдующемъ (рис. 140). На подставкѣ на

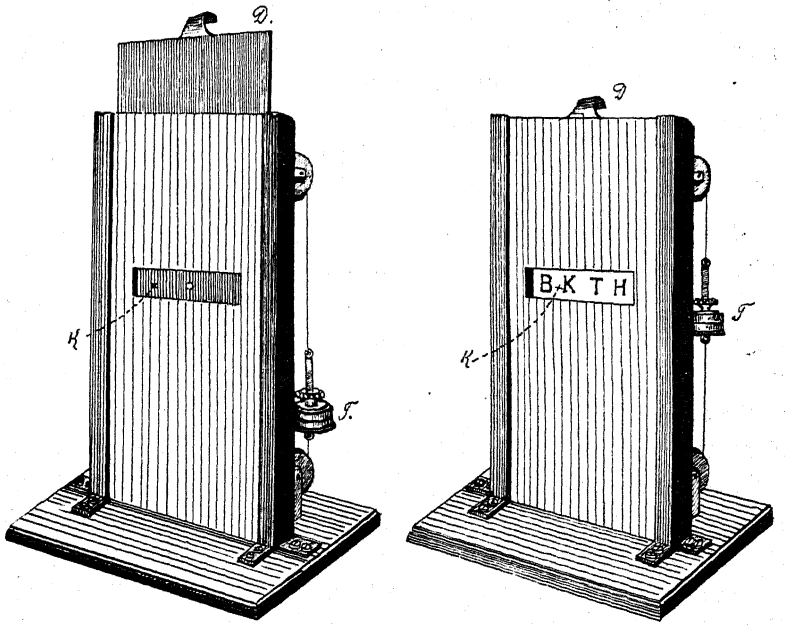


Рис. 140. Тахистоскопъ. До начала опыта доска *Д* поднята и закрываетъ собою зрительное раздраженіе. На второмъ рисункѣ изображенъ тахистоскопъ въ моментъ паденія доски *Д*, обнаруживающаго на краткій промежутокъ времени зрительное раздраженіе.

опредѣленномъ мѣстѣ вставляется картонъ *К* съ буквами, цифрами, рисунками и т. п. Передъ этой подставкой, въ пазахъ, укрѣпленныхъ въ подставкѣ, движется доска *D* съ окошечкомъ, которое при извѣстномъ положеніи можетъ открыть картонъ съ надписями. Доска съ окошечкомъ устанавливается передъ экспериментомъ такимъ образомъ, что она закрываетъ собою картонъ. До опыта испытуемый долженъ фиксировать на доскѣ точку, помѣщенную на мѣстѣ противъ картона, для того, чтобы

установилась аккомодація на эту точку. Затѣмъ экспериментаторъ, предлагая испытуемому быть внимательнымъ, надавливаетъ пружину, которая высвобождаетъ доску, своимъ паденіемъ открывающую картонъ на промежутокъ времени около одной десятой секунды. Чтобы уменьшить длительность экспозиціи, нужно уменьшить грузъ T, задерживающій паденіе дощечки. Уменьшить длительность экспозиціи можно также уменьшеніемъ окошечка, въ которое видны экспонируемыя раздраженія. Этими послѣдними могутъ служить буквы, не образующія словъ. Испытуемый долженъ схватить возможно большее количество буквъ, т.-е. онъ долженъ быть въ состояніи назвать эти буквы. Число правильно названныхъ буквъ является показателемъ объема вниманія. Обыкновенно число этихъ буквъ доходитъ до 4—5. Если буквы соединяются въ слова, то число воспринимаемыхъ буквъ становится значительно больше.

Для коллективныхъ экспериментовъ можно пользоваться проекціоннымъ аппаратомъ. При помощи обыкновеннаго фотографическаго затвора можно регулировать время экспозиціи того или другого изображенія отъ 0,1 до двухъ, трехъ секундъ.

Мы только что указали способъ опредѣленія объема вниманія для зрительныхъ впечатлѣній. Существуютъ способы опредѣленія объема вниманія и для слуховыхъ впечатлѣній.

Разсмотримъ теперь вопросъ о длительности вниманія. Если поставить вопросъ, какъ долго я могу смотрѣть непрерывно, напр., на какую-нибудь букву, то кажется, что можно смотрѣть 12, 15 секундъ, можетъ быть, даже минуту. Но это только такъ кажется. Вниманіе фактически не отличается такой длительностью, оно быстро начинаетъ отклоняться, переходить къ чему-нибудь другому. Такимъ образомъ, какое-либо впечатлѣніе то воспринимается, то перестаетъ восприниматься. Такое измѣненіе вниманія называется колебаніемъ вниманія. Явленія колебанія вниманія можно лучше всего наблюдать на едва замѣтныхъ ощущеніяхъ. Если мы станемъ прислушиваться, напр., къ тиканію часовъ въ ночной тишинѣ, то мы замѣтимъ, что тиканіе то бываетъ слышимо, то перестаетъ

быть слышимымъ. Явленіе колебанія вниманія можно также наблюдать на такъ назыв. двойственныхъ изображеніяхъ. Если смотрѣть нѣкоторое время на перспективное изображеніе усѣченной пирамиды (рис. 142), то одинъ разъ кажется, что пирамида обращена остріемъ къ намъ, въ другой разъ, что она обращена остріемъ въ противоположную сторону. Были предложены два объясненія явленій колебанія вниманія. Предполагали, что здѣсь играетъ роль утомленіе периферическаго аппарата, напр., аккомодаціонной мышцы, которая служитъ для измѣненія формы хрусталика. Утомленіе периферическаго аппарата требуетъ отдыха, который и получается при перемѣнѣ воспріятія. Но противъ этой теоріи говоритъ то обстоятельство, что даже тогда, когда удаленъ хрусталикъ глаза, или парализована аккомодаціонная мышца, явленіе все-таки существуетъ. Слѣдовательно, явленіе колебанія вниманія находится въ зависимости не отъ дѣятельности периферическаго аппарата. Остается допустить, что первенствующее значеніе въ этомъ случаѣ принадлежитъ центральному аппарату.

Явленіе колебанія вниманія, по мнѣнію нѣкоторыхъ изслѣдователей, имѣетъ характеръ правильно періодическій.

Опыты съ компликаціей. Положимъ, испытуемому дается непрерывный рядъ зрительныхъ впечатлѣній. Пусть это будутъ черточки, расположенныя по кругу (рис. 141). Пусть по этому же кругу съ равномѣрной скоростью движется стрѣлка, которая при любомъ положеніи (по произволу экспериментатора) можетъ вызвать звуковое раздраженіе [1]). Пусть, напр., звукъ будетъ раздаваться каждый разъ, когда стрѣлка находится на 180 градусахъ. Спрашивается, съ какимъ положеніемъ стрѣлки свяжется звуковое впечатлѣніе? На первый взглядъ кажется, что звуковое впечатлѣніе будетъ восприниматься въ тотъ моментъ, когда оно объективно возникаетъ. Такъ какъ оно возникаетъ въ тотъ моментъ, когда стрѣлка находится при 180 град.,

[1]) Достигается это тѣмъ, что на ту же ось, на которой вращается стрѣлка, помѣщается металлическій язычокъ, который при движеніи стрѣлки задѣваетъ звонокъ, издающій звукъ при задѣваніи. Положеніе язычка можетъ быть измѣняемо, и вмѣстѣ съ этимъ измѣняется моментъ, при которомъ звучитъ звонокъ.

то можно было бы думать, что звукъ будетъ услышанъ въ тотъ моментъ, когда стрѣлка находится на 180 град., другими словами, у испытуемаго какъ разъ въ тотъ моментъ, когда въ его сознаніи будетъ представленіе стрѣлки, будетъ и представленіе звука, т.-е. звукъ и зрительное впечатлѣніе войдутъ въ сознаніе одновременно. Но на самомъ дѣлѣ такое совпаденіе бываетъ только по исключенію. Обыкновенно же звукъ бываетъ воспринимаемъ позднѣе стрѣлки или раньше стрѣлки. Это

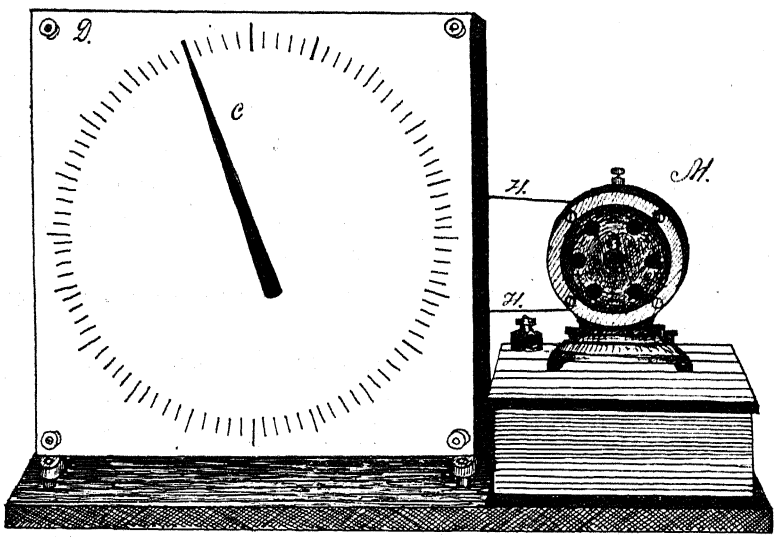


Рис. 141. Компликаціонный аппаратъ Руппа. *M*—электрическій моторъ, приводящій въ движеніе стрѣлку *C*.

находится въ зависимости отъ направленія вниманія. При чемъ здѣсь возможны слѣд. два случая:

1) Вниманіе направляется главнымъ образомъ на стрѣлку. При этихъ условіяхъ звукъ входитъ въ сознаніе позднѣе, чѣмъ стрѣлка, т.-е., когда мы начинаемъ воспринимать звукъ, стрѣлка успѣваетъ уже отойти отъ того мѣста, съ которымъ связано возникновеніе звука. Въ нашемъ примѣрѣ звукъ можетъ быть услышанъ въ то время, когда стрѣлка будетъ находиться при 185. Такимъ образомъ, получается перестановка впечатлѣній во времени. Этотъ случай, когда

зрительное представленіе входитъ въ сознаніе раньше звукового, называется положительной перестановкой.

2) Вниманіе направляется по преимуществу на звукъ. Тогда мы воспринимаемъ его раньше, чѣмъ онъ появляется, потому что вслѣдствіе періодическаго повторенія звуковъ и вслѣдствіе періодически повторяющагося напряженія вниманія испытуемый слышитъ звукъ раньше его появленія. Такъ какъ звукъ проникаетъ въ сознаніе раньше, чѣмъ стрѣлка, то онъ воспринимается одновременно съ болѣе раннимъ положеніемъ стрѣлки, напр., съ 178. Это будетъ отрицательная перестановка.

Слѣдуетъ замѣтить, что перестановка зависитъ не только отъ направленія вниманія, но также и отъ скорости вращенія стрѣлки. Именно, перестановка при небольшой скорости дѣлается отрицательной, а при увеличеніи скорости дѣлается положительной. Этотъ фактъ объясняется тѣмъ, что вниманіе при незначительной скорости вращенія можетъ вполнѣ обратиться на ожидаемый звукъ; между тѣмъ, когда движеніе очень быстро, то оно скорѣе можетъ направиться на движущуюся стрѣлку. Въ этихъ случаяхъ обнаруживаются огромныя индивидуальныя различія. Въ то время, какъ большинство испытуемыхъ могутъ свободно обращать вниманіе то на одно, то на другое раздраженіе, другіе обнаруживаютъ полную зависимость отъ скорости вращенія, именно, только при незначительной скорости они получаютъ отрицательныя уклоненія.

Задача 68. Измѣреніе объема вниманія при помощи тахистоскопа.

Послѣ предварительнаго сигнала „вниманіе“ испытуемый фиксируетъ внимательно опредѣленную точку на экранѣ. Черезъ полторы, двѣ секунды послѣ сигнала на экранѣ показывается на очень короткое время (менѣе четверти секунды) какое-либо изображеніе (слово, цифра), которое испытуемый и долженъ постараться тотчасъ же воспринять.

Экспериментаторъ составляетъ рядъ зрительныхъ раздраженій, напримѣръ:

а) согласныя буквы по такому способу: кптрцзн, или еще лучше разставлять согласныя въ квадратъ:

к т р
б г в
н р п
д т с

Слѣдуетъ опредѣлить, сколько согласныхъ можно воспринять за одинъ разъ;

b) рядъ односложныхъ словъ, напр., „волъ-усъ“. Сравнить, какое количество буквъ испытуемый воспринимаетъ въ томъ случаѣ, когда ему приходится воспринимать „слова“. Объясните, отчего происходитъ это различіе.

Задача 69. Тахистоскопическія упражненія:

a) давайте слова длинныя, напр., „послѣдовательно“, „аристократическій“. Такъ какъ испытуемый въ одинъ пріемъ не будетъ въ состояніи прочитать, а будетъ прочитывать только по частямъ, то показываніе нужно повторить нѣсколько разъ, пока онъ не прочтетъ слова цѣликомъ. Испытуемому же слѣдуетъ дать инструкцію, чтобы онъ послѣ каждаго эксперимента записывалъ то, что увидитъ. Слѣдуетъ установить, какъ происходитъ возстанавливаніе цѣлаго слова.

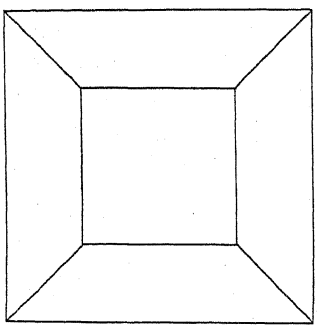


Рис. 142.

b) Можно давать фигуры, составленныя изъ разныхъ черточекъ и линій, и предложить испытуемому послѣ каждаго эксперимента рисовать то, что онъ видѣлъ. Повторить эксперименты столько разъ, сколько нужно для того, чтобы отчетливо разсмотрѣть все изображеніе.

Задача 70. Колебаніе вниманія и его регистрація. Испытуемый смотритъ на рисунокъ 142 усѣченной пирамиды (нарисованный прямыми линіями безъ тѣней) или слушаетъ издалека тиканіе часовъ.

При смотрѣніи на рисунокъ (при возможной неподвижности глаза) испытуемый замѣчаетъ, что рельефъ его періодически мѣняется въ зависимости отъ колебанія вниманія. Регистрированіе колебаній вниманія производится слѣдующимъ образомъ. Испытуемый кладетъ палецъ на реакціонный ключъ и начинаетъ смотрѣть на рисунокъ. Затѣмъ замыкаетъ ключъ или размыкаетъ его при каждомъ измѣненіи рельефа. Ключъ соединенъ съ отмѣтчикомъ, отмѣчающимъ эти движенія на кимографѣ. Для опредѣленія времени періодовъ колебанія рядомъ съ черточкой отмѣтчика можно отмѣчать время или при помощи хронометра Жакэ, или при помощи секуднаго отмѣтчика. Вмѣсто ключа съ отмѣтчикомъ можно взять резиновый баллончикъ, соединенный съ мареевскимъ барабаномъ. Испытуемый, разумѣется, не долженъ видѣть того, что пишется на кимографѣ. Испытуемаго слѣдуетъ предупредить, чтобы онъ не стремился искусственно ритмически замыкать или размы-

кать ключъ, а дѣлалъ бы это только при появленіи соотвѣтствующихъ образовъ.

Задача 71. Опыты съ компликаціей. Для опытовъ съ компликаціей слѣдуетъ взять или дискъ Руппа, или компликаціонные часы Вундта, или, наконецъ, метрономъ, приспособленный такъ, какъ это рекомендуетъ сдѣлать Тичнеръ. Испытуемый, получая одновременныя ощущенія—звукъ и зрительное положеніе стрѣлки—долженъ указать послѣ нѣкотораго приглядыванія, съ какимъ градуснымъ дѣленіемъ диска совпадаетъ звукъ.

Произвести опыты при двухъ условіяхъ:

a) направлять вниманіе по преимуществу на звукъ;

b) направлять вниманіе по преимуществу на стрѣлку.

Получить 10 цифръ для каждаго случая. Затѣмъ придать стрѣлкѣ болѣе быстрое движеніе, чѣмъ это было въ предыдущемъ опытѣ. Отмѣтить индивидуальныя особенности испытуемаго.

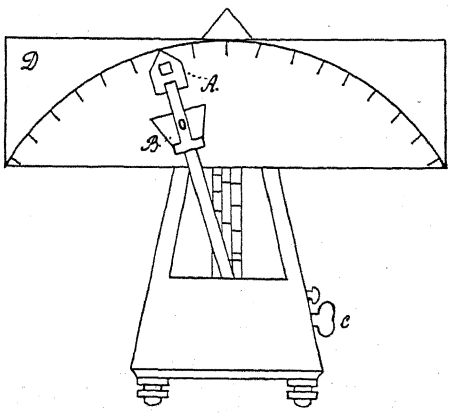


Рис. 143.

Способъ Тичнера заключается въ слѣдующемъ. Къ метроному со звонкомъ (рис. 143) приклеивается листъ картона *D*, на которомъ нанесена дуга, радіусы которой равны длинѣ маятника. Дуга раздѣлена на части, по 5 градусовъ въ каждой. Нулевая точка соотвѣтствуетъ вертикальному положенію маятника. Къ концу маятника придѣлывается кусочекъ красной бумаги *A*, который служитъ указателемъ. Метроному сообщается скорость, примѣрно, въ 72 удара въ минуту. Звукъ можетъ раздаваться, напр., при нахожденіи маятника на 22 градусахъ. Метрономъ пускаютъ въ ходъ, и испытуемый долженъ опредѣлить, при какомъ положеніи стрѣлки раздается звукъ. Въ остальномъ экспериментъ производится такъ же, какъ и въ томъ случаѣ, когда мы пользуемся компликаціоннымъ аппаратомъ.

Литература.

Вундтъ. Лекціи о душѣ человѣка и животныхъ.

Wundt. Grundzüge der physiologischen Psychologie. Dritter Band. 1911.

Lehmann. Lehrbuch der psychologischen Methodik. 1904.

Wirth. Die experimentelle Analyse der Bewusstseinsphänomene. 1908.

Тичнеръ. Учебникъ психологіи. М. 1912 г.

Titchener. Experimental Psychology. Vol. I. Part II.

Meumann. Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Paedagogik. Erster Band. Lpz. 1911.

Мейманъ. Лекціи по экспериментальной педагогикѣ. 3-е изд. М. 1914 г.

ГЛАВА XVIII.

Психофизическіе методы. Методъ минимальныхъ измѣненій.

Такъ наз. психофизическіе методы служатъ для опредѣленія порога раздраженія. Отличаютъ два вида порога раздраженія. Одинъ — абсолютный порогъ (absolute Schwelle), а другой—разностный порогъ (Unterschiedsschwelle). Абсолютный порогъ раздраженія—это та величина раздраженія, при дѣйствіи которой у насъ впервые возникаетъ какое либо ощущеніе. Раздраженіе, дѣйствующее на насъ, можетъ быть такъ невелико, что отъ его дѣйствія не получается никакого ощущенія. Но если это раздраженіе мы станемъ постепенно увеличивать, то дойдемъ до такого пункта, когда ощущеніе, благодаря его дѣйствію, станетъ впервые замѣтнымъ, или, другими словами, получится едва замѣтное ощущеніе.

Разностнымъ порогомъ называется та величина раздраженія, при которой получается едва замѣтная разница между двумя ощущеніями. Если намъ дается ощущеніе, порождаемое тѣмъ или инымъ раздраженіемъ, и мы хотимъ получить ощущеніе, едва замѣтно отличающееся отъ него, то мы должны указанное раздраженіе либо увеличить, либо уменьшить. Та величина раздраженія, на которую нужно либо увеличить, либо уменьшить данное раздраженіе, чтобы получить ощущеніе, едва замѣтно отличное отъ даннаго ощущенія, называется разностнымъ порогомъ.

Та величина раздраженія, которая соотвѣтствуетъ первоначальному ощущенію, называется нормальнымъ раздраже-

ніемъ (символъ для него N); та величина раздраженія, которая измѣняется, называется перемѣннымъ (символъ для него V).

Для опредѣленія разностнаго порога и абсолютнаго порога раздраженія существуютъ различные методы. Обыкновенно ихъ дѣлятъ на двѣ большихъ группы, именно, на методы постепеннаго измѣненія и методы ошибокъ, или методы вычисленія порога. При помощи первыхъ методовъ порогъ опредѣляется непосредственно, при помощи вторыхъ онъ вычисляется.

Начнемъ съ изученія метода минимальныхъ измѣненій, который правильнѣе было бы называть методомъ предѣловъ. При примѣненіи его порогъ опредѣляется непосредственно.

Если бы мы взяли перемѣнное раздраженіе V, кажущееся равнымъ нормальному N, и стали его постепенно увеличивать до тѣхъ поръ, пока у насъ не получилось бы едва замѣтное различіе съ первоначальнымъ ощущеніемъ, то мы такимъ образомъ могли бы опредѣлить порогъ, потому что мы опредѣлили бы то раздраженіе, которое обусловливаетъ едва замѣтное различіе ощущеній. Но это было бы не совсѣмъ правильно, потому что едва замѣтному ощущенію соотвѣтствуетъ едва незамѣтное ощущеніе. Слѣдовательно, нужно было бы опредѣлить и величину раздраженія, соотвѣтствующую едва незамѣтному различію ощущеній. Это послѣднее опредѣляется слѣдующимъ образомъ: беремъ V большее, чѣмъ N, и уменьшаемъ его до тѣхъ поръ, пока оно не перестанетъ казаться бо́льшимъ, чѣмъ N, т.-е., когда мы получимъ едва незамѣтное различіе ощущенія. Если мы возьмемъ среднее ариѳметическое между первой и второй величинами раздраженія и изъ него вычтемъ величину нормальнаго раздраженія, то мы найдемъ искомый порогъ. Такой способъ нахожденія порога вполнѣ оправдываетъ самое названіе этого метода методомъ предѣловъ. Въ немъ мы путемъ постепеннаго измѣненія раздраженія доходимъ до извѣстнаго предѣла замѣтности или незамѣтности ощущенія.

Пояснимъ на конкретныхъ примѣрахъ примѣненіе метода минимальныхъ измѣненій для отысканія абсолютнаго порога.

Возьмемъ примѣръ изъ области ощущенія тяжести. Для этого мы беремъ тяжесть, напр., въ одинъ граммъ и кладемъ на поверхность кожи испытуемаго. Онъ получаетъ сверхзамѣтное (übermerkliche) ощущеніе тяжести. Затѣмъ станемъ постепенно уменьшать это раздраженіе до тѣхъ поръ, пока ощущеніе тяжести станетъ впервые незамѣтнымъ. Послѣ этого беремъ тяжесть меньше $\frac{1}{10.000}$ эрга и, кладя на тотъ же участокъ кожи, мы не получаемъ никакого ощущенія. Это будетъ подзамѣтное (untermerklich) ощущеніе тяжести. Мы эту тяжесть постепенно увеличиваемъ до тѣхъ поръ, пока не получимъ едва замѣтное ощущеніе тяжести. Среднее ариѳметическое изъ раздраженій, производящихъ впервые незамѣтное ощущеніе и едва замѣтное ощущеніе и дастъ намъ абсолютный порогъ ощущенія тяжести.

Слѣдуетъ замѣтить, что подъ постепеннымъ уменьшеніемъ или увеличеніемъ мы разумѣемъ уменьшеніе или увеличеніе раздраженія по ступенямъ, т.-е. измѣненіе, производимое такимъ образомъ, чтобы каждое данное раздраженіе отличалось отъ предшествующаго на одну и ту же величину. Напр., для вышеуказаннаго случая можно брать такія раздраженія: 1; 0,9; 0,8; 0,7 грамма и т. д. Для каждаго раздраженія испытуемымъ долженъ быть данъ отдѣльный отвѣтъ.

Другой примѣръ можно привести изъ области пространственнаго ощущенія, измѣряемаго при помощи эстезіометра Вебера. Задача заключается въ томъ, чтобы опредѣлить, насколько нужно раздвинуть ножки циркуля, чтоы онѣ, будучи приставлены къ извѣстной части кожи, давали ощущеніе двухъ прикосновеній. Мы въ этомъ случаѣ дѣйствуемъ, какъ въ предыдущемъ опытѣ, именно, мы исходимъ, какъ отъ сверхзамѣтнаго, такъ и отъ подзамѣтнаго. Для этой цѣли мы сначала къ ладонной поверхности руки приставляемъ циркуль, ножки котораго раздвинуты на 8 миллиметровъ. Получаемъ вполнѣ замѣтное ощущеніе двухъ прикосновеній. Постепенно уменьшая разстояніе между ножками, мы можемъ дойти до того, что испытуе-

мый перестанетъ замѣчать двойственность прикосновенія. Затѣмъ мы можемъ исходить отъ незамѣтнаго. Для этого мы раздвигаемъ ножки на 3 мм. Ихъ прикосновеніе будетъ ощущаться, какъ одно прикосновеніе. Затѣмъ, постепенно увеличивая разстояніе, мы можемъ дойти до такого пункта, когда двойственность станетъ впервые замѣчаться. Среднее ариѳметическое изъ двухъ полученныхъ значеній дастъ намъ абсолютный порогъ пространственнаго ощущенія кожи. При производствѣ опытовъ нужно принять мѣры, чтобы ножки циркуля прикасались съ одинаковой силой.

Простѣйшій способъ опредѣленія разностнаго порога заключается въ слѣдующемъ. Беремъ перемѣнное раздраженіе V, замѣтно бо́льшее, чѣмъ нормальное N, и уменьшаемъ его до тѣхъ поръ, пока различіе сдѣлается впервые незамѣтнымъ. Затѣмъ будемъ увеличивать перемѣнное раздраженіе до тѣхъ поръ, пока оно не покажется впервые замѣтно бо́льшимъ. Та величина раздраженія, которая лежитъ посерединѣ между впервые замѣтнымъ различіемъ и впервые незамѣтнымъ, и дастъ разностный порогъ.

Это будетъ верхній порогъ.

Нижній порогъ опредѣляется слѣдующимъ образомъ. Беремъ раздраженіе V, замѣтно меньшее, чѣмъ N, и увеличиваемъ его до тѣхъ поръ, пока оно не перестанетъ казаться меньшимъ, т.-е. впервые различіе сдѣлается незамѣтнымъ; затѣмъ, исходя изъ равенства между раздраженіемъ перемѣннымъ и нормальнымъ, будемъ увеличивать перемѣнное раздраженіе постепенно до тѣхъ поръ, пока оно не покажется впервые замѣтно большимъ. Изъ этихъ двухъ значеній раздраженій можно получить нижній порогъ.

Различіе между верхнимъ порогомъ и нижнимъ заключается въ слѣдующемъ.

Когда мы ищемъ ту величину раздраженія, которую нужно прибавить къ данному раздраженію, чтобы получилось едва замѣтное различіе ощущенія, то это будетъ верхній порогъ S. Въ этомъ случаѣ мы ищемъ величину раздраженія, едва замѣтно бо́льшую, чѣмъ нормальная. Когда мы ищемъ ту

величину раздраженія, которую нужно отнять отъ данной величины раздраженія, чтобы получилось едва замѣтное различіе, то это будетъ нижній порогъ s. Въ этомъ случаѣ мы ищемъ величину раздраженія, едва замѣтно меньшую, чѣмъ нормальное.

Обозначимъ символически величины, которыя получаются въ указанныхъ предѣльныхъ пунктахъ.

Перемѣнное раздраженіе V, которое кажется замѣтно большимъ, чѣмъ N, мы посредствомъ постепеннаго измѣненія уменьшаемъ до тѣхъ поръ, пока дойдемъ до того пункта, когда различіе между V и N становится незамѣтнымъ (перестаетъ казаться больше). Эту величину перемѣннаго раздраженія мы назовемъ r_0 (верхній пунктъ равенства).

Если затѣмъ будемъ продолжать уменьшать величину перемѣннаго раздраженія, то мы дойдемъ до пункта, когда оно начнетъ впервые казаться меньше, чѣмъ N. Эту величину раздраженія мы обозначимъ посредствомъ r_u.

Теперь будемъ исходить отъ случая, когда $V<N$. Постепенно увеличивая его, достигнемъ пункта, когда оно перестанетъ казаться меньшимъ, чѣмъ N. Этотъ нижній пунктъ равенства мы обозначимъ посредствомъ r_u.

Если мы будемъ продолжать увеличивать V, то мы достигнемъ пункта, когда оно впервые будетъ казаться большимъ, чѣмъ N. Эту величину перемѣннаго раздраженія мы назовемъ R_u [1]).

Тогда верхній порогъ S будетъ опредѣляться изъ слѣдующей формулы:

$$S=\frac{1}{2}\left(R_u+r_0\right)-N.$$

Нижній порогъ s будетъ опредѣляться изъ формулы:

$$s=N-(r_u+r_u).$$

Когда мы производимъ сравненіе между двумя раздраженіями, у насъ могутъ быть ошибки вслѣдствіе положенія раздраженій

[1]) Указанныя обозначенія заимствованы нами у Лемана. Lehrbuch der psychologischen Methodik.

въ пространствѣ и во времени. Подъ этимъ нужно понимать слѣдующее. При оцѣнкѣ, напр., величины линій нормальная можетъ находиться или справа или слѣва. При положеніи ея справа можетъ получаться *постоянная* ошибка, о которой было говорено выше. Такъ какъ при положеніи нормальной слѣва, ошибка будетъ обратная тому случаю, когда нормальная будетъ справа, то слѣдуетъ половину экспериментовъ произвести при положеніи нормальной справа, а другую половину—при положеніи нормальной слѣва. Тогда однѣ ошибки будутъ компенсировать другія.

Если при сравненіи нормальнаго съ перемѣннымъ нормальное *предшествуетъ*, то это условіе не тождественно тому случаю, когда предшествуетъ перемѣнное раздраженіе. Словомъ, то или иное расположеніе раздраженій *во времени* оказываетъ вліяніе на оцѣнку. Происходитъ это оттого, что иногда оказывается благопріятное вліяніе вниманія на раздраженіе, представляющееся первымъ; иногда благопріятное вліяніе вниманія оказывается по отношенію къ послѣдующему впечатлѣнію. Для того, чтобы избѣжать вліянія этихъ ошибокъ, слѣдуетъ опыты надъ оцѣнками производить такимъ образомъ, чтобы тамъ, гдѣ возможно, порядокъ слѣдованія раздраженій измѣнялся.

Чтобы избѣжать ошибокъ, происходящихъ отъ положенія оцѣниваемыхъ раздраженій во времени, мы указанныя выше четыре опредѣленія будемъ производить въ слѣдующемъ порядкѣ.

Сначала *уменьшаемъ* перемѣнное раздраженіе и получаемъ два опредѣленія r_o и r_u, а затѣмъ *увеличиваемъ* перемѣнное раздраженіе и получаемъ еще два опредѣленія. Тотъ рядъ, въ которомъ перемѣнное раздраженіе уменьшается, будетъ рядомъ *нисходящимъ*; тотъ рядъ, въ которомъ перемѣнное раздраженіе увеличивается, будетъ рядомъ *восходящимъ*.

Въ нисходящемъ ряду получаются значенія r_o, $r_п$, въ восходящемъ ряду получаются значенія r_u, $R_п$. Можно было бы рядъ нисходящій и рядъ восходящій совершать отдѣльно, но будетъ цѣлесообразнѣе соединять ихъ въ одинъ; именно, мы въ одинъ пріемъ соединяемъ нисходящій и восходящій ряды и

получаемъ четыре значенія въ такомъ порядкѣ: или r_o, $r_{\text{п}}$, r_u, $R_{\text{п}}$, или r_u, $R_{\text{п}}$, r_o $r_{\text{п}}$.

Въ первомъ случаѣ мы начинаемъ съ величины перемѣннаго раздраженія замѣтно большой, чѣмъ величина нормальнаго. Второй рядъ мы начинаемъ съ величины раздраженія замѣтно меньшей, чѣмъ нормальное. Какъ легко видѣть, этотъ рядъ, такъ же какъ и тотъ, распадается въ свою очередь на ряды восходящій и нисходящій, съ той разницей, что во второмъ случаѣ рядъ восходящій начинается раньше ряда нисходящаго, а въ первомъ случаѣ—наоборотъ.

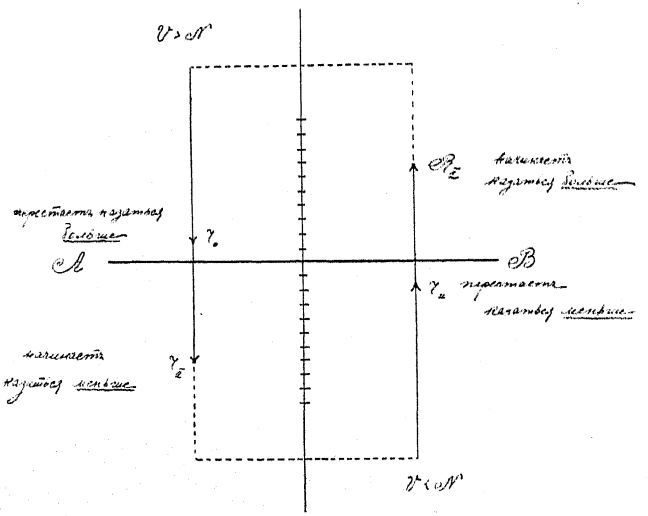


Рис. 144.

Такимъ образомъ можно компенсировать ошибки вслѣдствіе положенія во времени, вслѣдствіе контраста и т. п.

Полученнымъ четыремъ значеніямъ присущъ различный смыслъ. Значенія r_o, r_u суть величины раздраженія, которыя признаются равными N. Значенія $r_{\text{п}}$, $R_{\text{п}}$ суть величины раздраженія, которыя замѣтно больше или меньше, чѣмъ N.

Процессъ примѣненія метода минимальныхъ измѣненій станетъ вполнѣ яснымъ, если мы воспользуемся схемой (рис. 144), на которой вертикальная линія изображаетъ величину раздраженія, а горизонтальная линія служитъ для обозначенія пре-

дѣла, равнаго величинѣ нормальнаго раздраженія. Вертикальныя линіи, снабженныя стрѣлкой, обозначаютъ направленіе измѣненія перемѣннаго раздраженія.

Этому методу присущъ недостатокъ, заключающійся въ томъ, что, такъ какъ измѣненіе перемѣннаго раздраженія происходитъ всегда въ опредѣленномъ направленіи, вполнѣ замѣтномъ для испытуемаго, то испытуемый можетъ угадывать при оцѣнкѣ отношенія раздраженій. На это можно замѣтить, что знаніе направленія измѣненія не можетъ имѣть опредѣляющаго значенія, такъ какъ добросовѣстный испытуемый долженъ опредѣлять все таки на основаніи непосредственнаго впечатлѣнія, а не знанія направленія измѣненія раздраженій.

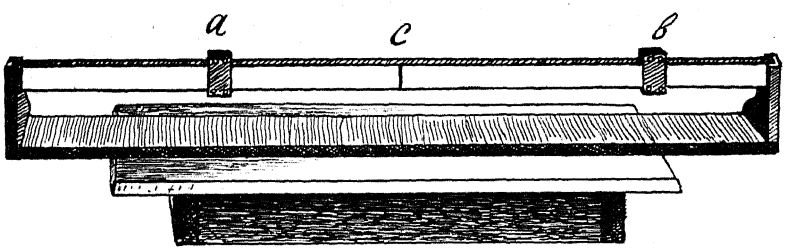


Рис. 145. Глазомѣрный аппаратъ.

Послѣ того, какъ опредѣленъ верхній и нижній пороги, нужно опредѣлить качество экспериментовъ. Это можно сдѣлать, если мы опредѣлимъ среднее уклоненіе (M. V.); именно, среднее ариѳметическое изъ уклоненій каждаго отдѣльнаго измѣренія отъ средняго значенія.

Приведемъ примѣръ записыванія результатовъ изслѣдованій по методу минимальныхъ измѣненій. Требуется найти верхній и нижній пороги для $N = 15$ mm. въ области глазомѣра. Глазомѣрный аппаратъ см. рис. 145. Результаты изслѣдованій, произведенныхъ по вышеприведенному методу, могутъ быть выражены въ слѣдующей таблицѣ [1]). На таблицѣ записаны отвѣты, которые даетъ испытуемый при сравненіи нормальнаго съ перемѣннымъ. Такъ, въ первомъ ряду восходящемъ испытуемый

[1]) Примѣръ взятъ изъ изслѣдованій, произведенныхъ въ лабораторіи психологическаго института.

	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.	
$N=150$.	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
140	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
141	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
142	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
143	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
144	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	=	<
145	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	=	<
146	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	>	<
147	<	<	<	<	<	<	<	<	=	<	<	<	>	<
148	<	<	<	<	<	<	<	<	=	<	<	<	>	<
149	=	<	=	<	<	<	<	<	=	<	=	<	>	=
150	=	=	=	<	<	<	=	=	=	<	=	<	>	>
151	>	=	>	=	=	=	>	=	=	=	=	=	>	>
152	>	>	>	=	=	=	>	>	=	=	=	=	>	>
153	>	>	>	>	=	=	>	>	>	>	>	>	>	>
154	>	>	>	>	=	>	>	>	>	>	>	>	>	>
155	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
156	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
157	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
158	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
159	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
160	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>

при перемѣнныхъ 14; 14,1; 14,2; 14,3; 14,4; 14,5; 14,6; 14,7 отвѣчаетъ «меньше» $<$. При 14,9 отвѣчаетъ «равно» $=$. Это значеніе есть r_o. При 15,1 испытуемый отвѣчаетъ «больше» $>$. Это есть значеніе $r_п$. Въ слѣдующемъ нисходящемъ столбцѣ отъ 16 до 15,3 испытуемый отвѣчаетъ «больше» $>$, при 15,1 отвѣчаетъ «равно» $=$. Это есть значеніе $r_и$ и т. д. На таблицѣ ↑ означаетъ рядъ восходящій, а ↓ означаетъ рядъ нисходящій.

Когда для каждаго опыта опредѣлены всѣ 4 значенія, то результаты, напр., 50 экспериментовъ, могутъ быть записаны слѣдующимъ образомъ.

$N = 15$ mm.;

r_o	$r_п$	$r_и$	$R_п$
150	148	150	152
150	148	151	153
154	150	151	154
150	149	150	152
152	146	151	153
152	148	151	153
145	143	149	150
150	148	151	152
151	148	154	155
155	149	151	154
153	151	152	155
155	154	155	157
154	150	148	150
152	150	149	152
150	148	150	152
151	147	148	151
150	148	148	151
150	148	146	149
149	146	146	149
151	149	147	150
151	150	153	154
152	149	151	152
155	149	153	155
156	154	156	158
158	152	157	159
146	142	153	155

$N = 15$ mm.;	r_o	$r_п$	$r_и$	$R_п$
	146	145	152	155
	148	147	154	156
	148	146	153	155
	148	145	152	155
	146	145	151	153
	146	144	148	150
	145	144	152	154
	149	147	152	153
	149	148	153	154
	149	146	155	157
	149	146	159	160
	146	145	155	157
	147	146	151	153
	147	145	151	153
	147	145	150	151
	145	146	152	154
	144	142	149	151
	147	142	151	153
	146	145	152	154
	149	144	152	154
	150	147	153	154
	151	149	154	156
	150	150	157	160
	152	149	157	150
Сумма ...	7480	7362	7585	7689

Изъ этихъ данныхъ верхній и нижній пороги вычисляются слѣдующимъ образомъ.

$$S \text{ (верхній порогъ)} = \frac{1}{2}(r_o + R_п) - N;$$

$$S = \frac{1.(7480 + 7689)}{2.50} - 150 =$$

$$= 151{,}69 - 150 = 1{,}69 = \mathbf{0{,}169} \text{ mm.}$$

$$s_и \text{ (нижній порогъ)} = N - \frac{1}{2}(r_п + r_и);$$

$$s_и = 150 - \frac{1.(7362 + 7585)}{2.50} =$$

$$= 150 - 149{,}47 = 0{,}53 = \mathbf{0{,}053} \text{ mm.}$$

Задача 72. Найти разностный порогъ оцѣнки линій при N = 10 сант. на глазомѣрномъ аппаратѣ. Глазомѣрный аппаратъ заключается въ слѣдующемъ. На двухъ невысокихъ стойкахъ прикрѣпленъ стержень въ 2 метра, передняя стѣнка котораго оклеена бѣлой бумагой, а задняя—линейкой съ миллиметрическими дѣленіями. Въ серединѣ стержня проведена тонкая черная полоска *c*. По стержню движутся два движка *a* и *b*, устанавливающіе разстоянія отъ *c*. Одно изъ нихъ можетъ быть принято за нормальное, а другое за сравниваемое. Движокъ передвигается или экспериментаторомъ или испытуемымъ, смотря по характеру эксперимента. Возьмите глазомѣрный аппаратъ, установите нормальную, равную 10 сантиметрамъ. Опредѣлите r_o, $r_н$, r_u, $R_н$, по 10 экспериментовъ для каждаго случая, при чемъ произведите эксперименты при двухъ условіяхъ, именно, одну серію экспериментовъ при положеніи нормальной справа и другую серію при положеніи нормальной слѣва, чтобы избѣжать ошибки, зависящей отъ положенія въ пространствѣ. Опредѣлите верхній и нижній пороги по приведенной формулѣ; равнымъ образомъ слѣдуетъ опредѣлить качество измѣренія.

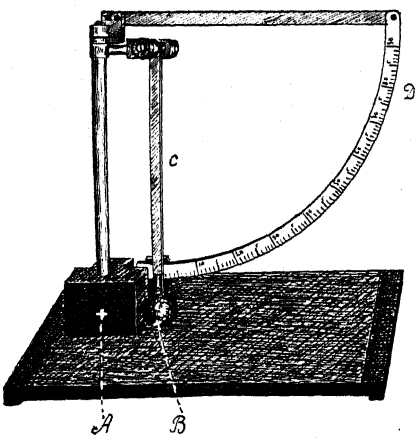


Рис. 146. Звуковой маятникъ.

Задача 73. Для того, чтобы произвести такой же экспериментъ въ области звуковыхъ ощущеній, нужно имѣть звуковой маятникъ, при помощи котораго можно созидать звуки различной интенсивности (рис. 146). Въ существенныхъ частяхъ аппаратъ заключается въ слѣдующемъ. Къ стержню прикрѣпленъ шарикъ, который можетъ быть поднимаемъ на различную высоту. Падая съ высоты, онъ ударяется о дощечку и издаетъ звукъ, интенсивность котораго находится въ зависимости отъ высоты паденія шарика [1]). Стержень вращается около оси. Высоту паденія можно опредѣлить по градуснымъ дѣленіямъ дуги. Для упрощенія примемъ, что сила звука пропорціональна градуснымъ дѣленіямъ дуги.

Принявъ въ соображеніе все это, рѣшить слѣдующую задачу.

---

[1]) Какъ извѣстно, интенсивность звука прямо пропорціональна высотѣ паденія или (что тоже самое) квадрату синуса половины дуги, по которой падаетъ маятникъ; поэтому мы можемъ вычислить интенсивность звуковъ при помощи формулы $sin.^2\frac{\theta}{2}$, гдѣ θ есть уголъ паденія.

Взять интенсивность звука при положеніи шарика у 45°. Опредѣлить верхній и нижній пороги. Примите мѣры, чтобы избѣжать ошибки, зависящей отъ положенія раздраженія во времени.

Задача 74. Найти разностный порогъ при оцѣнкѣ тяжестей при N = 600 gr. Для этого нужно или имѣть наборъ тяжестей, или аппаратъ Галлуса Руппа, или самимъ сдѣлать такой наборъ, наполнивъ мѣшечки дробью. Для рѣшенія указанной задачи достаточно имѣть тяжести отъ 550 граммовъ до 600, отличающихся другъ отъ друга на 10 граммовъ.

Экспериментъ производится слѣдующимъ образомъ. Испытуемый протягиваетъ руку и закрываетъ глаза. Экспериментаторъ кладетъ испытуемому на руку сначала нормальную тяжесть, а затѣмъ въ

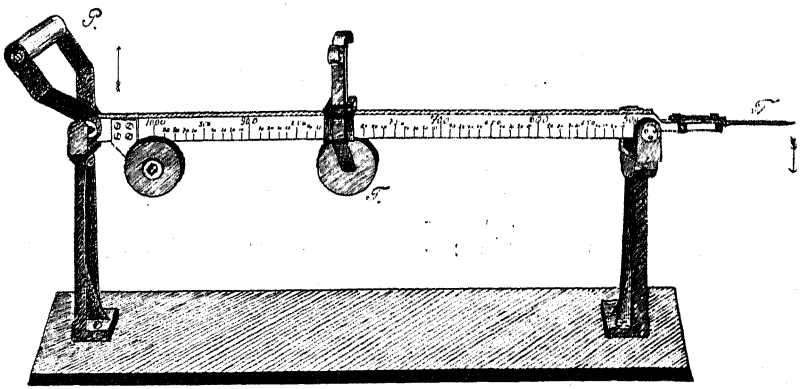


Рис. 147. Аппаратъ Галлуса-Руппа.

быстрой послѣдовательности сравниваемую тяжесть. Оцѣнку испытуемаго онъ заноситъ въ протоколъ, затѣмъ кладетъ опять нормальную тяжесть и въ быстрой послѣдовательности сравниваемую и т. д.

Для опытовъ съ тяжестями чрезвычайно удобнымъ является аппаратъ Галлуса-Руппа (рис. 147). Главное удобство этого аппарата, кромѣ простоты, заключается въ возможности градуированія тяжестей въ очень обширныхъ предѣлахъ. Онъ построенъ по принципу десятичныхъ вѣсовъ. На стержнѣ, на которомъ нанесены дѣленія, прикрѣпляется грузъ *Г* всегда одной и той же величины. Грузъ при передвиженіи прикрѣпляется къ различнымъ мѣстамъ стержня. Испытуемый при поднятіи за ручку *Р* испытываетъ большую или меньшую тяжесть въ зависимости отъ мѣста на стержнѣ, на которомъ находится грузъ.

Опытъ производится слѣдующимъ образомъ. Сначала грузъ помѣщается на такомъ мѣстѣ стержня, которое даетъ ощущеніе нормальной тяжести. Испытуемый поднимаетъ за ручку и испы-

тываетъ извѣстное ощущеніе. Затѣмъ экспериментаторъ быстро передвигаетъ грузъ на другое мѣсто стержня, при которомъ получается ощущеніе сравниваемой тяжести. Испытуемый вновь поднимаетъ за ручку и получаемое имъ теперь ощущеніе тяжести сравниваетъ съ предыдущимъ.

Къ концу стержня придѣлано остріе, которое съ поднятіемъ и опусканіемъ ручки опускается и поднимается. Это опусканіе и поднятіе можетъ быть записываемо на барабанѣ кимографа, и такимъ образомъ опредѣляется скорость и высота поднятія, что въ нѣкоторыхъ опытахъ является важнымъ.

Задача 75. Найти абсолютный порогъ для пространственнаго чувства кожи на ладонной поверхности руки. Для этого нужно имѣть эстезіометръ Вебера (рис. 148). Онъ состоитъ въ слѣдующемъ. Къ пластинкѣ, на которой нанесены миллиметрическія дѣленія, придѣлано остріе *a*. Вдоль пластинки, перпендикулярно его длинѣ, движется остріе *b*. Острія сдѣланы такимъ образомъ, что при полномъ сближеніи они образуютъ одно остріе. Величина разстоянія одного острія отъ другого можетъ быть опредѣлена при помощи дѣленій, находящихся на пластинкѣ. На нѣкоторыхъ эстезіометрахъ имѣется ноніусъ, такъ что можно опредѣлить десятыя доли миллиметра. Опыты слѣдуетъ производить по способу, указанному въ текстѣ.

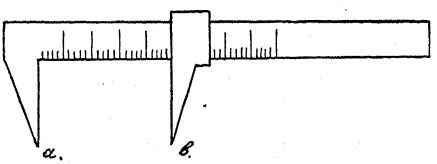


Рис. 135. Эстезіометръ Вебера.

Задача 76. Найти разностный порогъ для цвѣтового ощущенія, напр., сѣраго цвѣта (200 чернаго + 160 бѣлаго).

Во всѣхъ экспериментахъ этого отдѣла экспериментаторъ долженъ записать показанія самонаблюденія испытуемаго. Эти записыванія можно производить двояко: 1) предоставить испытуемому самому изложить свои переживанія, 2) поставить вопросы, на которые испытуемый долженъ отвѣтить.

ГЛАВА XIX.

Методъ среднихъ ошибокъ.

Методъ среднихъ ошибокъ примѣняется тогда, когда измѣненіе перемѣннаго раздраженія находится въ рукахъ испытуемаго, т.-е., когда оно можетъ быть измѣняемо по произволу испытуемаго, и въ томъ случаѣ, когда устанавливаніе равенства происходитъ путемъ непрерывныхъ измѣненій, т.-е., другими словами, когда измѣненіе раздраженія производится въ очень небольшихъ ступеняхъ.

Сущность этого метода состоитъ въ томъ, что испытуемому предъявляется требованіе, чтобы онъ перемѣнное раздраженіе V сдѣлалъ равнымъ данному нормальному N. Испытуемый измѣняетъ, увеличивая или уменьшая, перемѣнное раздраженіе до тѣхъ поръ, пока ему не покажется, что достигнуто полное равенство перемѣннаго съ нормальнымъ.

Для установленія указаннаго равенства можно было бы воспользоваться слѣдующимъ пріемомъ.

Испытуемому дается опредѣленная нормальная величина. Онъ измѣняетъ перемѣнное раздраженіе, увеличивая его или уменьшая до тѣхъ поръ, пока ему не покажется, что достигнуто полное тождество перемѣннаго съ нормальнымъ. Если бы существовало одно опредѣленное значеніе перемѣннаго, которое могло бы казаться равнымъ нормальному N, то задача разрѣшалась бы легко, но дѣло въ томъ, что такихъ значеній много; всегда оказывается большій или меньшій интервалъ, въ предѣлахъ котораго перемѣнное раздраженіе кажется равнымъ нормальному. Предѣлы этого интервала могутъ быть обозначены, какъ высшій V_o и низшій V_u, при чемъ предполагается

что значеніе V_o будетъ больше значенія V_u. Для того, чтобы опредѣлить V_o и V_u, мы поступаемъ слѣдующимъ образомъ. Мы начинаемъ съ какого-либо раздраженія V, которое кажется замѣтно б о̀ л ь ш и м ъ, чѣмъ N, и уменьшаемъ до тѣхъ поръ, пока различіе между V и N становится незамѣтнымъ. Та величина V, при которой различіе впервые исчезаетъ, есть значеніе V_o. Затѣмъ мы беремъ величину раздраженія V, которая замѣтно м е н ь ш е, чѣмъ N, и увеличиваемъ V до тѣхъ поръ, пока различіе становится незамѣтнымъ; эта величина V и есть значеніе V_u. Если эти восходящіе и нисходящіе ряды повторить нѣсколько разъ, то мы получимъ для V_o и V_u рядъ значеній, среднее ариѳметическое которыхъ будетъ показывать вѣроятное значеніе каждаго изъ нихъ.

Итакъ, испытуемый исходитъ отъ з а м ѣ т н о б о л ь ш а г о перемѣннаго и уменьшаетъ его до тѣхъ поръ, пока оно не начинаетъ казаться равнымъ нормальному; на этомъ пунктѣ онъ останавливается, а руководитель опыта отмѣчаетъ величину перемѣннаго раздраженія. Затѣмъ испытуемый, исходя отъ раздраженія з а м ѣ т н о м е н ь ш а г о, постепенно увеличиваетъ его до тѣхъ поръ, пока оно не начинаетъ казаться равнымъ нормальному. Этотъ пунктъ также отмѣчается.

Такимъ образомъ, есть два пути установленія равенства: или исхожденіе отъ большаго, или исхожденіе отъ меньшаго.

Разсмотримъ обозначенія о ш и б о к ъ, которыя могутъ получиться при устанавливаніи по методу среднихъ ошибокъ.

Если данному нормальному раздраженію N мы стараемся сдѣлать равнымъ другое раздраженіе, которое мы назовемъ п е р е м ѣ н н ы м ъ, и которое нѣмецкіе психологи называютъ Fehlreiz (ошибочное раздраженіе), то это послѣднее можетъ послѣ установки оказаться больше или меньше, чѣмъ N, и поэтому ошибка, получающаяся въ этомъ случаѣ, будетъ имѣть положительное или отрицательное значеніе. Эту ошибку Фехнеръ называетъ с ы р о й о ш и б к о й (roher Fehler), желая этимъ указать на то, что эта ошибка представляетъ нѣчто необработанное; въ нее входитъ, какъ постоянная ошибка, которая дѣйствительно сохраняетъ постоянный характеръ и обусловливается

опредѣленной причиной, такъ и измѣняющаяся составная часть, именно, чистая перемѣнная ошибка. Эта послѣдняя есть та ошибка, которая соотвѣтствуетъ случайнымъ ошибкамъ теоріи вѣроятностей. Какъ мы видѣли, кромѣ постоянныхъ причинъ ошибокъ, существуютъ еще многія другія, которыя непрерывно колеблются. Проистекающія вслѣдствіе этихъ причинъ ошибки мѣняются совершенно неправильно, и поэтому называются случайными ошибками.

Произведя m опытовъ или установокъ, мы беремъ ариѳметическое среднее ошибочныхъ установокъ. Это будетъ средняя ошибка (mittlerer roher Fehler). Она представляетъ наиболѣе вѣроятное значеніе нормальнаго, т.-е. она наилучше выражаетъ представленіе испытуемаго относительно величины нормальнаго раздраженія.

Обозначимъ ошибочныя опредѣленія буквами: f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6. Если эти ошибочныя опредѣленія сложить и сумму раздѣлить на число опредѣленій, то получимъ среднюю ошибку

$$F = \frac{f_1 + f_2 + f_3 + f_4 \ldots + f_n}{m}$$

Если изъ средней ошибки вычесть величину каждой отдѣльной установки, которая, какъ мы видѣли, называется ошибочнымъ раздраженіемъ, то получится чистая перемѣнная ошибка, свободная отъ постоянной ошибки (reiner variabler Fehler). $F - f_1$, $F - f_2$, $F - f_3$ будутъ отдѣльныя перемѣнныя ошибки. Ихъ нужно считать свободными отъ постоянной ошибки, потому что когда мы складываемъ ошибочныя раздраженія, то постоянныя ошибки, обладающія противоположными знаками, нейтрализуютъ другъ друга, такъ что среднее ариѳметическое уже не содержитъ постоянной ошибки, а только перемѣнную, такъ что въ разности между средней ошибкой и ошибкой отдѣльной установки содержится только перемѣнная ошибка данной установки. Символъ для нея будетъ Δ.

Если сумму перемѣнныхъ ошибокъ раздѣлить на m, то получится чистая средняя ошибка $\frac{\Sigma\Delta}{m}$, значеніе ко-

торой, по мнѣнію Фехнера, является мѣрой разностной чувствительности. Ея формула, слѣдовательно, будетъ:

$$\frac{(F-f_1)+(F-f_2)+(F-f_3)\ldots}{m}=\Delta_m.$$

Если мы изъ F вычтемъ N, то получимъ постоянную ошибку C

$$F-N=\pm C.$$

Постоянная ошибка, положительная или отрицательная, показываетъ, насколько кажущееся равенство уклоняется отъ объективнаго равенства.

При оцѣнкѣ результатовъ слѣдуетъ обращать вниманіе одинаковымъ образомъ, какъ на перемѣнную ошибку, такъ и на постоянную.

Перемѣнная ошибка имѣетъ то значеніе, что является мѣрой чувствительности, а постоянная ошибка имѣетъ то значеніе, что является указаніемъ на какую-нибудь опредѣленную причину, которая оказываетъ воздѣйствіе на оцѣнку. Отсюда становится ясной связь между методомъ среднихъ ошибокъ и методомъ минимальныхъ измѣненій, при помощи котораго опредѣляется величина разностнаго порога. Разностный порогъ, опредѣляемый методомъ минимальныхъ измѣненій, является показателемъ чувствительности. Такимъ же мѣриломъ является и перемѣнная ошибка, именно, чѣмъ больше будетъ перемѣнная ошибка, тѣмъ меньше будетъ чувствительность.

Для опредѣленія степени точности установокъ необходимо еще опредѣлить вѣроятную ошибку каждой отдѣльной установки. Послѣ опредѣленія величины вѣроятной ошибки вычисляется распредѣленіе ошибокъ, именно, вычисляется, сколько должно быть ошибокъ, равняющихся дробнымъ частямъ вѣроятной ошибки, и сколько ихъ было на самомъ дѣлѣ. Такимъ образомъ, можно опредѣлить, соотвѣтствуетъ ли распредѣленіе ошибокъ въ нашихъ экспериментахъ закону Гаусса.

Здѣсь мы приводимъ способы записыванія результатовъ экспериментовъ по методу среднихъ ошибокъ (стр. 228). Опыты съ глазомѣромъ раздѣляются на четыре группы въ зависимости отъ положенія нормальной справа или слѣва. Нормальная равняется 10 mm.

1.			2.			3.			4.			
$N=10$ слѣва.			$N=10$ справа.			$N=10$ слѣва.			$N=10$ справа.			
11.0	>	1.50	10.4	<	0.45	10.8	>	0.85	9.6	<	0.35	
10.7	<	0.75	10.2	>	0.25	10.7	<	0.75	10.3	>	0.35	
10.5	>	0.55	10.3	<	0.35	11.0	>	1.05	9.8	<	0.15	
10.5	<	0.55	10.5	>	0.55	10.4	<	0.45	10.7	>	0.75	
10.4	>	0.45	10.1	<	0.15	11.1	>	1.15	10.0	<	0.05	
11.0	<	1.05	10.4	>	0.45	10.0	<	0.05	10.3	>	0.35	
10.7	>	0.75	10.1	<	0.15	10.5	>	0.55	9.6	<	0.35	
10.4	<	0.45	10.5	>	0.55	10.0	<	0.05	10.5	>	0.55	
10.7	>	0.75	10.2	<	0.25	10.5	>	0.55	10.0	<	0.05	
10.4	<	0.45	10.0	>	0.05	10.2	<	0.25	10.0	>	0.05	
10.2	>	0.25	9.6	<	0.35	10.3	>	0.35	9.6	<	0.35	
11.0	<	1.05	10.5	>	0.55	10.3	<	0.35	10.0	>	0.05	
10.5	>	0.55	10.1	<	0.15	11.1	>	1.15	9.5	<	0.45	
10.3	<	0.35	9.6	>	0.35	9.8	<	0.15	10.1	>	0.15	
11.0	>	0.05	10.0	<	0.05	10.2	>	0.25	10.2	<	0.25	
10.5	<	0.55	10.2	>	0.25	10.0	<	0.05	10.2	>	0.25	
10.7	>	0.75	10.3	<	0.35	10.5	>	0.55	9.9	<	0.05	
10.2	<	0.25	9.7	>	0.25	9.5	<	0.45	10.1	>	0.15	
10.8	>	0.85	10.0	<	0.05	10.0	>	0.05	10.0	<	0.05	
10.4	<	0.45	9.8	>	0.15	9.6	<	0.35	10.3	>	0.35	
10.5	>	0.55	10.2	<	0.25	10.2	>	0.25	9.9	<	0.05	
10.3	<	0.35	9.8	>	0.15	9.9	<	0.05	10.0	>	0.05	
10.6	>	0.65	10.4	<	0.45	10.1	>	0.15	9.9	<	0.05	
10.1	<	0.15	10.0	>	0.05	10.5	<	0.55	10.2	>	0.25	
10.7	>	0.75	9.8	<	0.15	10.3	>	0.35	9.8	<	0.15	
	$\Sigma\Delta=15.35$			$\Sigma\Delta=6,75$			$\Sigma\Delta=10,75$			$\Sigma\Delta=5,65$		$\Delta_m=0,385$
264,1			252,7			227,5			250,5			$=994,8$
												$F=9,948$

Первый столбецъ показываетъ величину устанавливаемаго раздраженія. Знакъ $>$ или $<$ показываетъ, исходимъ ли мы отъ большаго или отъ меньшаго. Второй столбецъ показываетъ величину перемѣнной ошибки при каждомъ экспериментѣ.

Внизу записывается сумма величинъ устанавливаемыхъ раздраженій, затѣмъ среднее ариѳметическое. Равнымъ образомъ тамъ же записывается сумма перемѣнныхъ ошибокъ и средняя перемѣнная изъ 100 экспериментовъ.

Записываніе вѣроятной ошибки намъ уже извѣстно.

w	Вычислено теоретически.	Получено въ опытѣ.
$0{,}1w$	5	0
$0{,}3w$	16	18
$0{,}5w$	26	31
$1{,}0w$	50	44
$1{,}5w$	69	69
$2{,}0w$	82	83
$3{,}0w$	96	93
$4{,}0w$	99	100

Задача 77. При нормальной, равной 10 сант., произвести 100 установокъ на глазомѣрномъ аппаратѣ.

Для того, чтобы избѣжать ошибки, происходящей отъ положенія раздраженія въ пространствѣ, слѣдуетъ 50 экспериментовъ произвести при положеніи нормальной справа и 50 экспериментовъ при положеніи нормальной слѣва, изъ нихъ 50 при исхожденіи отъ большаго и 50 при исхожденіи отъ меньшаго.

Разбейте 100 экспериментовъ на четыре группы, по 25 экспериментовъ; изъ нихъ первые 25 при лѣвомъ положеніи нормальной, вторые 25 при правомъ, третьи при лѣвомъ и т. д.

Въ каждой группѣ одна установка при исхожденіи отъ большаго, другая установка при исхожденіи отъ меньшаго.

Найти:

1) среднюю ошибку F;

2) среднюю перемѣнную ошибку;

3) постоянную ошибку;
4) вѣроятную ошибку;
5) показать соотвѣтствіе закону Гаусса.

Задача 78. По тому способу, по которому производили опыты на глазомѣрномъ аппаратѣ, произведите опыты уравниванія и въ области цвѣтовыхъ ощущеній (100 экспериментовъ).

Возьмите два диска, бѣлый и черный. Соедините ихъ на одной оси вертушки такъ, чтобы чернаго было 270 градусовъ, а бѣлаго 60. Нужно взять другую такую вертушку, на которой увеличеніе и уменьшеніе чернаго или бѣлаго можно было бы производить во время вращенія кружка.

Найти среднюю ошибку.
Найти перемѣнную ошибку.
Найти вѣроятную ошибку.
Найти соотвѣтствіе закону Гаусса.

ГЛАВА XX.

Методъ постоянныхъ раздраженій.

Въ третьемъ методѣ, который обыкновенно называется «методомъ вѣрныхъ и невѣрныхъ случаевъ», но который мы вмѣстѣ съ Мюллеромъ назовемъ «методомъ постоянныхъ раздраженій», въ противоположность предшествующимъ методамъ, дѣло идетъ не о томъ, чтобы какое-либо перемѣнное раздраженіе измѣнять тѣмъ или инымъ способомъ до достиженія опредѣленнаго пункта; наоборотъ, здѣсь мы имѣемъ дѣло съ рядомъ раздраженій, которыя остаются неизмѣнными во время хода опытовъ. Мы будемъ ихъ называть сравниваемыми раздраженіями. Они предъявляются испытуемому въ опредѣленномъ порядкѣ. Испытуемому предписывается при каждой данности того или иного сравниваемаго раздраженія высказать опредѣленное сужденіе, касающееся отношенія сравниваемаго раздраженія къ нормальному, т.-е. высказать, будетъ ли оно «больше» или «меньше» нормальнаго или «равно» нормальному. Изъ числа высказываній «больше», «меньше» или «равно» мы имѣемъ возможность опредѣлить соотвѣтствующій абсолютный или разностный порогъ. Если дѣло идетъ объ изслѣдованіи разностной чувствительности, то мы беремъ сравниваемыя раздраженія большія или меньшія, чѣмъ N, и равныя N, т.-е. такія, въ которыхъ разность между нормальнымъ и сравниваемымъ раздраженіемъ равняется 0.

Въ методѣ постоянныхъ раздраженій порогъ вычисляется въ отличіе отъ метода минимальныхъ измѣненій, гдѣ порогъ опредѣляется непосредственно.

Для поясненія сущности этого метода воспользуемся слѣдующимъ примѣромъ. Возьмемъ линію въ 10 сант. длины. Пусть эта линія будетъ нормальная *N*. Беремъ рядъ другихъ линій, отличающихся отъ 10 сантиметровъ, напр., въ 5 сант.; 9,8; 9,9; 12; 15 сант. Это будутъ сравниваемыя раздраженія. Предложимъ испытуемому сравнивать каждое изъ этихъ раздраженій съ нормальнымъ и каждый разъ высказывать сужденіе, будетъ ли оно больше, равно или меньше нормальнаго, и отмѣтимъ, какое число сужденій въ данномъ числѣ оцѣнокъ окажется правильнымъ. Само собой разумѣется, что, чѣмъ больше будетъ разность между нормальнымъ и сравниваемымъ раздраженіемъ, тѣмъ количество вѣрныхъ сужденій будетъ больше, потому что различіе будетъ замѣтно. Такъ, напр., при извѣстной величинѣ разности раздраженій въ 100 оцѣнкахъ, всѣ 100 сужденій могутъ оказаться правильными. Если мы будемъ брать разности все меньше и меньше, то количество правильныхъ оцѣнокъ будетъ все меньше и меньше. При очень малой разности раздраженій количество вѣрныхъ случаевъ будетъ совсѣмъ мало. Это признакъ того, что разность нами совсѣмъ не замѣчается.

Для нахожденія порога намъ нужно найти такую величину разности раздраженія, при которой она имѣетъ столько же шансовъ на то, чтобы быть замѣченной, сколько и незамѣченной, другими словами, она въ томъ или другомъ числѣ оцѣнокъ столько же разъ замѣчается, сколько и не замѣчается: именно, въ половинѣ случаевъ она замѣчается, а въ половинѣ не замѣчается, или, если выразить это въ процентахъ, въ 50% замѣчается и въ 50% не замѣчается.

Изъ этого ясно, что искомому порогу соотвѣтствуетъ та величина раздраженія или разности раздраженія, которая даетъ 50% вѣрныхъ случаевъ и, слѣдовательно, 50% невѣрныхъ случаевъ и отвѣтовъ «равно». Если при какой-либо разности раздраженія D получается 47% правильныхъ отвѣтовъ, а при разности раздраженія D_1 получается 52% правильныхъ отвѣтовъ, то для нахожденія порога нужно найти ту величину раздраженія, которая даетъ 50% правильныхъ сужденій и которая лежитъ между D и D_1.

Возьмемъ въ примѣръ опредѣленіе абсолютнаго порога. Беремъ эстезіометръ Вебера и, раздвигая ножки его на 0,5 линіи; 0,6; 0,7; 0,8 и т. п. и приставляя ихъ къ ладонной поверхности руки, предлагаемъ испытуемому отвѣтить на вопросъ, ощущаетъ ли онъ одно прикосновеніе или два. Отмѣчаемъ число правильныхъ отвѣтовъ въ процентахъ. Само собой разумѣется, что при большомъ разстояніи ножекъ циркуля испытуемый всегда будетъ давать правильный отвѣтъ, потому что онъ ощущаетъ два прикосновенія; при очень маломъ разстояніи, хотя ножки циркуля даютъ два прикосновенія, однако испытуемому будетъ казаться, что онъ получаетъ одно прикосновеніе, и онъ будетъ говорить, что онъ ощущаетъ одно прикосновеніе. На основаніи вышеуказаннаго, порогу будетъ соотвѣтствовать та величина разстоянія между ножками циркуля, которая даетъ 50% правильныхъ случаевъ.

Положимъ, что мы произвели экспериментъ только что указаннымъ способомъ. Результаты можно изобразить на слѣдующей таблицѣ.

Разстояніе ножекъ	0,	0,5,	1,	1,5,	2,	3,	4,	5,	6.
Проц. правил. отвѣт.	30,	10,	14,	40,	65,	80,	87,	96,	100.

Слѣд. искомый порогъ лежитъ между 1,5 и 2. Для рѣшенія вопроса можно было бы произвести графическую интерполяцію, но предпочтительнѣе вычислить ее по формулѣ Вундта [1]).

$$D = \frac{Da(50 - Zb) + Db(Za - 50)}{Za - Zb}$$

---

[1]) Здѣсь приводится простѣйшій способъ вычисленія порога. Другіе способы вычисленія были предложены Фехнеромъ (Elemente der Psychophysik B. I и Revision der Hauptpunkte der Psychophysik. Изложеніе этого метода см. Külpe. Grundriss der Psychologie и Sanford. Cours de Psychologie expérimentale). Способъ Фехнера былъ дополненъ Г. Э. Мюллеромъ (Gesichtspunkte und Thatsachen der Psychophysik. См. Titchener. Experimental Psychology Vol. II. Part. I). Дальнѣйшее развитіе этого способа вычисленія у Urban'a. Die Praxis der Konstanzmethode. 1912. Особаго вниманія заслуживаетъ методъ интерполяціи Лемана. Lehrbuch der psychologischen Methodik. Примѣненіе метода Лемана см. въ моей статьѣ: „Къ вопросу объ отношеніи между психофизическими методами“ въ Трудахъ Психологическаго Института. Томъ I. Вып. 1—2.

Въ этой формулѣ: *Za* проценты свыше 50.
Zb проценты ниже 50.
Da разность между нормальной и сравниваемой, дающая *Za* сужденій.
Db разность, дающая *Zb* сужденій.

Если въ эту формулу подставить значенія предыдущей задачи, то мы получимъ

$$\frac{2(50-40)+1{,}5(65-15)}{65-40}=1{,}7.$$

При разстояніи въ 1,7 линіи, мы получаемъ ту величину раздраженія, которая соотвѣтствуетъ абсолютному порогу.

Возьмемъ примѣры на вычисленіе разностнаго порога. Произведемъ экспериментъ на глазомѣрномъ аппаратѣ. Положимъ, у насъ $N=10$ сант., а сравниваемыя 9,5; 9,6; 9,7; 9,8; 9,9; 10; 10,1; 10,2; 10,3; 10,4; 10,5.

Экспериментъ производится слѣдующимъ образомъ. Мы должны предъявлять испытуемому каждое сравниваемое раздраженіе вмѣстѣ съ нормальнымъ для сравненія, но мы не должны предъявлять сравниваемыя въ какомъ-либо опредѣленномъ порядкѣ, потому что, если испытуемый замѣтитъ этотъ порядокъ, то будетъ угадывать. Для того, чтобы избѣжать этого и для того, чтобы исчерпать всѣ возможные случаи, каждое значеніе сравниваемаго записывается на отдѣльной карточкѣ. Всѣ карточки смѣшиваются. Затѣмъ экспериментаторъ достаетъ изъ кучи одну карточку и предъявляетъ испытуемому раздраженіе, написанное на этой карточкѣ. Такъ поступаетъ онъ до тѣхъ поръ, пока для каждой пары не получится 20 сужденій (больше, меньше, равно). Затѣмъ подсчитываются для каждой пары % вѣрныхъ сужденій и отыскивается при помощи интерполяціи та величина раздраженія, которая даетъ 50% правильныхъ сужденій.

Отмѣтимъ, что испытуемый во время сравненія сравниваемаго съ нормальнымъ составляетъ сужденіе такимъ образомъ, что сравниваемое является у него подлежащимъ, т.-е. онъ раньше думаетъ о сравниваемомъ, а затѣмъ о нормальномъ. Такимъ образомъ достигается однообразіе.

Составимъ кривую для частоты сужденій больше и меньше. На абсциссѣ будутъ нанесены значенія раздраженій; на ординатѣ частота сужденій. Тогда мы получимъ кривыя, которыя должны были бы имѣть форму, изображенную на рис. 148.

Съ правой стороны—кривая для сужденій «больше», съ лѣвой стороны—кривая для сужденій «меньше», посрединѣ—кривая для сужденій «равно».

Для опредѣленія пороговъ верхняго и нижняго нужно взять ту величину раздраженія, которая соотвѣтствуетъ 50% слу-

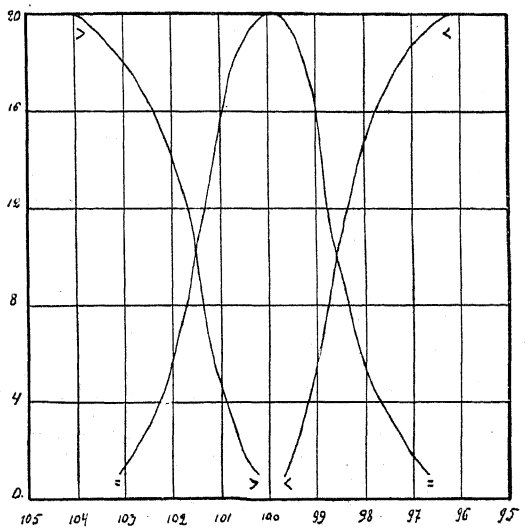


Рис. 148.

чаевъ, когда испытуемый высказываетъ сужденіе «больше» или «меньше». Въ этомъ случаѣ испытуемый столько же разъ замѣчаетъ, сколько и не замѣчаетъ различія между нормальнымъ и сравниваемымъ раздраженіемъ.

Для отысканія верхняго порога, нужно взять сужденія, въ которыхъ высказывается, что сравниваемая больше, чѣмъ нормальная. Эти сужденія мы обозначимъ посредствомъ g. Въ этомъ случаѣ испытуемый объ отношеніи сравниваемой къ нормальной всегда будетъ высказывать сужденіе «больше». Здѣсь мы можемъ отыскать такую величину сравниваемой,

которая будетъ казаться едва замѣтно больше, чѣмъ нормальная. Это, именно, то раздраженіе, которому соотвѣтствуетъ 50% сужденій «больше».

Это будетъ верхній порогъ и выразится формулой

$$V - N = S.$$

Для полученія нижняго порога мы беремъ тѣ сужденія «меньше», которыя высказываются по отношенію къ сравниваемой (сужденія k). Здѣсь мы можемъ отыскать такую величину сравниваемаго раздраженія, которая будетъ казаться едва замѣтно меньше, чѣмъ нормальная. Это, именно, то раздраженіе, которому соотвѣтствуетъ 50% сужденій «меньше». Это будетъ нижній порогъ и выразится формулой

$$N - V = s.$$

Итакъ, для опредѣленія верхняго порога надо брать сужденія g, а для опредѣленія нижняго порога нужно брать сужденія k. Верхній порогъ, когда мы находимъ величину раздраженія, которое начинаетъ казаться большимъ, чѣмъ N. Нижній порогъ, когда мы находимъ величину раздраженія, которое начинаетъ казаться меньшимъ, чѣмъ N.

Задача 79. Опредѣлить абсолютный порогъ для пространственнаго чувства кожи на ладонной поверхности руки по методу постоянныхъ раздраженій. Экспериментъ производится слѣдующимъ образомъ. Экспериментаторъ беретъ различныя разстоянія между ножками циркуля 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 милл. и прикасается ножками циркуля къ средней части ладони. Испытуемый долженъ отвѣтить на вопросъ, ощущаетъ ли онъ одно или два прикосновенія. Разстояніе между ножками циркуля мѣняется въ неопредѣленномъ порядкѣ.

Результаты экспериментовъ могутъ быть выражены при помощи таблицы на стр. 237.

Подставляя полученныя числа въ вышеуказанную формулу

$$D = \frac{Da\,(50 - Zb) + Db\,(Za - 50)}{Za - Zb} =$$

получимъ $\frac{6\,(50 - 40) + 4\,(65 - 50)}{65 - 40} = \frac{6.10 + 4.15)}{25} =$

$$= \frac{120}{25} = 4{,}8.$$

Величина разражений въ мм.	О Щ Ъ Н К И.																				Количество правильных отбросков.	Процентъ правильныхъ отбросковъ.
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	15
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	8	40
5	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	13	65
6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	15	75
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	16	80
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	19	95
9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	100

Задача 80. Опредѣлить по методу постоянныхъ раздраженій верхній и нижній пороги для $N = 10$ сант. въ области глазомѣра. Раздраженія:

9,5; 9,6; 9,7; 9,8; 9,9; 10; 10,1; 10,2; 10,3; 10,4; 10,5.

Нормальная 10 разъ справа и 10 разъ слѣва.

Для каждой пары 20 сужденій.

Результаты экспериментовъ, произведенныхъ по вышеописанному методу, могутъ быть изображены при помощи таблицы на стр. 239.

Подставляя полученныя числа въ вышеуказанную формулу, получимъ:

$$D_1 = \frac{1.(50-35)+O.(65-50)}{65-35} = \frac{15}{30} = 0{,}5 \text{ сант.}$$

$$D_2 = \frac{1.(50-30)+O.(55-50)}{55-30} = \frac{20}{25} = 0{,}8 \text{ сант.}$$

Полученные результаты изобразимъ графически. Отрѣзы абсциссы будутъ указывать величину раздраженій, а ординаты—частоту оцѣнокъ. Кривая съ лѣвой стороны будетъ изображать частоты раздраженій меньшихъ, чѣмъ нормальное раздраженіе, съ правой стороны — раздраженій большихъ нормальной величины. Посрединѣ — кривая частотъ раздраженій, равныхъ нормальной (рис. 149).

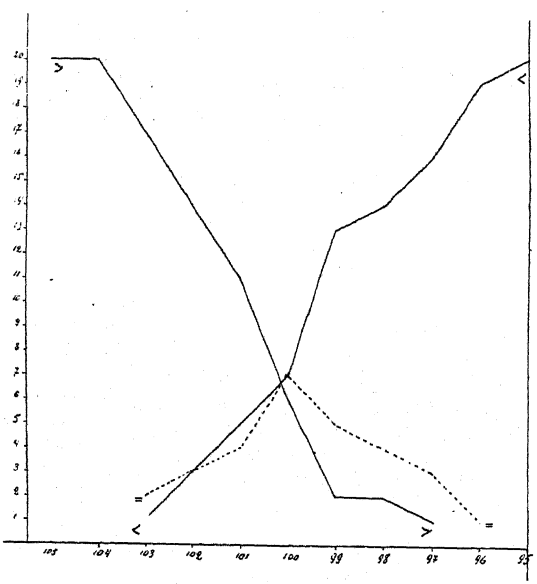


Рис. 149.

Задача 81. Найти верхній и нижній пороги для силы звука при $N = 45^0$.

Раздраженія: 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51, 53.

Для каждой пары 20 сужденій.

Задача 82. Найти верхній и нижній пороги для ощущенія тяжести, при $N = 600$ gr.

Раздраженія: 560, 570, 580, 590, 600, 610, 620, 630.

v	Оцѣнки.																				Число оцѣнокъ.			То же въ %.		
	сп.	сл.	сп.	сл.	сп.	сл.	сп.	сл.	сп.	сл.	сп.	сл.	сп.	сл.	сп.	сл.	сп.	сл.	сп.	сл.	$>$	$=$	$<$	$>$	$=$	$<$
105	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	20	—	—	100		
104	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	20	—	—	100		
103	$>$	$>$	$>$	$=$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$=$	$>$	$>$	$>$	$>$	$<$	$>$	$>$	$>$	17	2	1	85	10	5
102	$>$	$>$	$=$	$>$	$>$	$=$	$>$	$>$	$>$	$>$	$<$	$>$	$>$	$>$	$>$	$<$	$=$	$>$	$>$	$<$	14	3	3	70	15	15
101	$<$	$>$	$>$	$=$	$<$	$=$	$<$	$>$	$>$	$>$	$=$	$>$	$<$	$>$	$>$	$>$	$>$	$>$	$<$	$=$	11	4	5	**55**	20	25
100	$<$	$<$	$=$	$>$	$=$	$<$	$<$	$=$	$>$	$>$	$=$	$<$	$>$	$=$	$>$	$<$	$=$	$=$	$>$	$<$	6	7	7	**30**	35	**35**
99	$<$	$<$	$>$	$<$	$=$	$>$	$<$	$=$	$<$	$<$	$<$	$=$	$<$	$<$	$=$	$=$	$<$	$<$	$<$	$<$	2	5	13	10	25	**65**
98	$=$	$<$	$<$	$>$	$=$	$<$	$<$	$=$	$>$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$=$	$<$	$<$	$<$	$<$	2	4	14	10	20	70
97	$<$	$<$	$<$	$<$	$>$	$<$	$=$	$<$	$<$	$<$	$=$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$=$	1	3	16	5	15	80
96	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$=$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	—	1	19	—	5	95
95	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	$<$	—	—	20	—	—	100

ГЛАВА XXI.

Методъ равныхъ интерваловъ.

Къ одному изъ частныхъ видовъ метода градацій принадлежитъ такъ наз. методъ сверхзамѣтныхъ различій, извѣстный болѣе подъ именемъ метода среднихъ градацій. Самое правильное названіе этого метода было бы методъ равныхъ интерваловъ. Онъ примѣняется въ томъ случаѣ, когда къ двумъ даннымъ раздраженіямъ R и r требуется найти третье, M, которое по силѣ должно быть посреди̇нѣ между R и r, т.-е. должно столько же отличаться отъ перваго, сколько отъ третьяго. Другими словами, разстояніе отъ R до M должно равняться разстоянію отъ M до r. Потому и самъ методъ называется методомъ равныхъ интерваловъ.

Если выразить величины раздраженій съ помощью двухъ вертикальныхъ линій A и B, то надо найти третью линію, которая по своей величинѣ находилась бы какъ разъ между ними. Тогда разстояніе (дистанція) отъ перваго ощущенія R къ M будетъ такое же, какъ отъ M къ r.

Въ обиходной жизни все, что мы распредѣляемъ по степенямъ, мы распредѣляемъ по этому методу. Если, напр., намъ даются два какихъ-либо цвѣта, свѣтло-сѣрый и темно-сѣрый, и требуется отыскать такой цвѣтъ, который столько же былъ похожъ на свѣтло-сѣрый, какъ и на темно-сѣрый, былъ такъ же близокъ къ свѣтло-сѣрому, какъ и къ бѣлому, то мы къ двумъ ощущеніямъ подыскиваемъ третье, которое должно будетъ находиться посреди̇нѣ между ними. Разумѣется, мы можемъ повести градуированіе дальше: между даннымъ свѣтло-сѣрымъ и найденнымъ цвѣтомъ можно опять найти промежуточный цвѣтъ и т. д.

Покажемъ, какимъ образомъ нахожденіе равныхъ интерваловъ между ощущеніями производится экспериментальнымъ путемъ.

Экспериментаторъ даетъ два раздраженія, R и r; требуется найти среднее для нихъ, M. Раздраженіе M увеличивается или уменьшается до тѣхъ поръ, пока не будетъ казаться, что оно находится какъ разъ посрединѣ. Увеличеніе или уменьшеніе раздраженія подчиняется опредѣленному методическому пріему, о которомъ будетъ сказано ниже, а теперь отмѣчу, что для успѣха экспериментовъ чрезвычайно существенно, чтобы испытуемый зналъ, на какой вопросъ ему нужно отвѣчать, когда ему даются три раздраженія: R, M и r. Онъ можетъ думать, что ему нужно отвѣтить на вопросъ, «равны ли интервалы $\widehat{RM}$ и $\widehat{Mr}$» или на вопросъ, «къ какому раздраженію ближе раздраженіе M, къ R или къ r.» Всего цѣлесообразнѣе ставить вопросъ, «будетъ ли M больше, чѣмъ слѣдуетъ, или меньше». Если M будетъ по силѣ ближе къ R, то испытуемый будетъ отвѣчать, что оно слишкомъ велико. Если оно по силѣ будетъ ближе къ r, то онъ будетъ отвѣчать, что оно меньше, чѣмъ слѣдуетъ. Поэтому лучше всего, если экспериментаторъ заставитъ испытуемаго отвѣчать на вопросъ, будетъ ли величина даннаго раздраженія M по сравненію съ идеальной или искомой серединой M больше, меньше или равна. Хотя испытуемый на этотъ вопросъ всегда будетъ отвѣчать, сообразуясь съ тѣмъ, будетъ ли M больше похоже на R, чѣмъ на r, однако въ протоколъ всегда будетъ входить однообразная величина «больше», чѣмъ слѣдуетъ, «меньше», чѣмъ слѣдуетъ и т. д.

Поясникъ на примѣрѣ примѣненіе метода равныхъ интерваловъ.

На звуковомъ маятникѣ мы беремъ два звуковыхъ ощущенія, соотвѣтствующихъ высотѣ паденія въ 70 градусовъ и 30 градусовъ. Примемъ, что сила этихъ звуковъ равняется 70 и 30. Нужно найти силу звука, лежащую посрединѣ.

Будемъ примѣнять пріемъ, аналогичный методу минимальныхъ измѣненій. Мы ищемъ величину M, лежащую между R

и r. Беремъ, напр., величину 65. Будетъ ли она лежать посрединѣ? Экспериментаторъ даетъ звуки въ такой послѣдовательности—RMr, при чемъ даетъ инструкцію, чтобы испытуемый, услышавъ три звука въ указанной послѣдовательности, отвѣтилъ на вопросъ, будетъ ли разстояніе отъ R до M больше, чѣмъ слѣдуетъ, или оно меньше, или одно разстояніе равняется другому. Испытуемый замѣчаетъ, что 65 ближе къ R, чѣмъ къ r. Оно слишкомъ велико, и поэтому онъ отвѣчаетъ: «б о л ь ш е, чѣмъ слѣдуетъ».

Когда испытуемый отвѣтитъ, что раздраженіе 65 будетъ больше, чѣмъ слѣдуетъ, то раздраженіе нужно постепенно измѣнять до тѣхъ поръ, пока испытуемый не скажетъ, что перестаетъ казаться больше.

Эту величину r_0 надо занести въ протоколъ. Затѣмъ слѣдуетъ такимъ же образомъ въ малыхъ степеняхъ уменьшать раздраженіе M до тѣхъ поръ, пока испытуемый скажетъ: «впервые начинаетъ казаться меньше». Величину раздраженія $r_н$, соотвѣтствующую этому моменту, слѣдуетъ занести въ протоколъ. Мы получимъ такимъ образомъ рядъ н и с х о д я щ і й.

Послѣ этого слѣдуетъ произвести эксперименты въ порядкѣ в о с х о д я щ е м ъ. Въ порядкѣ нисходящемъ мы брали значеніе M, болѣе близкое къ R. Теперь мы должны будемъ взять значеніе M, болѣе близкое къ r, напр., 35. Тогда на вопросъ экспериментатора, будетъ ли M больше или меньше, чѣмъ слѣдуетъ, испытуемый отвѣтитъ: «меньше». Послѣ этого величину раздраженія M нужно заставить возрастать въ малыхъ степеняхъ до тѣхъ поръ, пока испытуемый не скажетъ: «перестаетъ казаться меньше». Это значеніе $r_в$ заносится въ протоколъ. Увеличеніе M затѣмъ продолжается до тѣхъ поръ, пока испытуемый не скажетъ: «начинаетъ казаться больше». Это значеніе $R_п$ заносится въ протоколъ. Среднее ариѳметическое изъ $\frac{r_0 + r_в + r_н + R_п}{4}$ даетъ искомое значеніе M.

Для того, чтобы избѣжать ошибки вслѣдствіе положенія во времени, слѣдуетъ въ половинѣ экспериментовъ давать раз-

драженія испытуемому въ другомъ порядкѣ, т.-е., вмѣсто порядка RMr, давать въ порядкѣ rMR. Тогда вмѣсто того, чтобы начать съ нисходящаго порядка, мы начнемъ съ восходящаго.

Представимъ схему метода (рис. 150*a* и 150*b*).

На этой схемѣ RM и Mr обозначаютъ интервалъ.

1-й случай—рядъ нисходящій, M ближе къ R.

2-й случай—рядъ восходящій, M ближе къ r.

Толстая поперечная линія означаетъ идеальную середину.

Поперечная тонкая означаетъ приближеніе M къ серединѣ (перестаетъ казаться больше или перестаетъ казаться меньше).

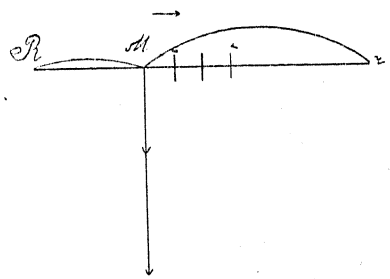


Рис. 150*a*.

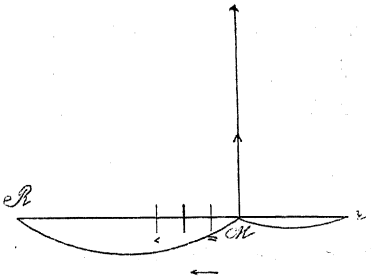


Рис. 150*b*.

Поперечная со знакомъ больше $>$ или $<$ означаетъ моментъ, когда M принимаетъ такое значеніе, что разстояніе M начинаетъ казаться больше или меньше.

Записываніе экспериментовъ происходитъ такимъ образомъ, что въ ряду нисходящемъ отмѣчаются значенія r_o и $r_н$, а въ ряду восходящемъ отмѣчаются значенія r_u и $R_н$.

Какъ легко видѣть, въ методѣ равныхъ интерваловъ дѣло идетъ о примѣненіи метода минимальныхъ измѣненій для нахожденія ощущенія средняго между двумя данными ощущеніями.

Слѣдуетъ для избѣжанія ошибки во времени чередовать ряды нисходящій и восходящій и измѣнять послѣдовательность раздраженій. Такимъ образомъ, если измѣнять послѣдовательность раздраженій и ряды восходящіе и нисходящіе, то получится слѣдующій порядокъ экспериментовъ.

Порядокъ слѣд. раздраженій.		Направленіе.
1	RMr	↓
2	RMr	↑
3	rMR	↑
4	rMR	↓
5	RMr	↑
6	RMr	↓
7	rMR	↓
8	rMR	↑

При производствѣ экспериментовъ слѣдуетъ держаться этого порядка, составивъ предварительно схему.

Приведемъ примѣръ одного такого эксперимента.

Даются два сѣрыхъ цвѣта

$$R = 270^0 \text{ чер.} + 90^0 \text{ бѣл.}$$
$$r = 180^0 \text{ чер.} + 180^0 \text{ бѣл.}$$

Требуется найти среднее для нихъ.

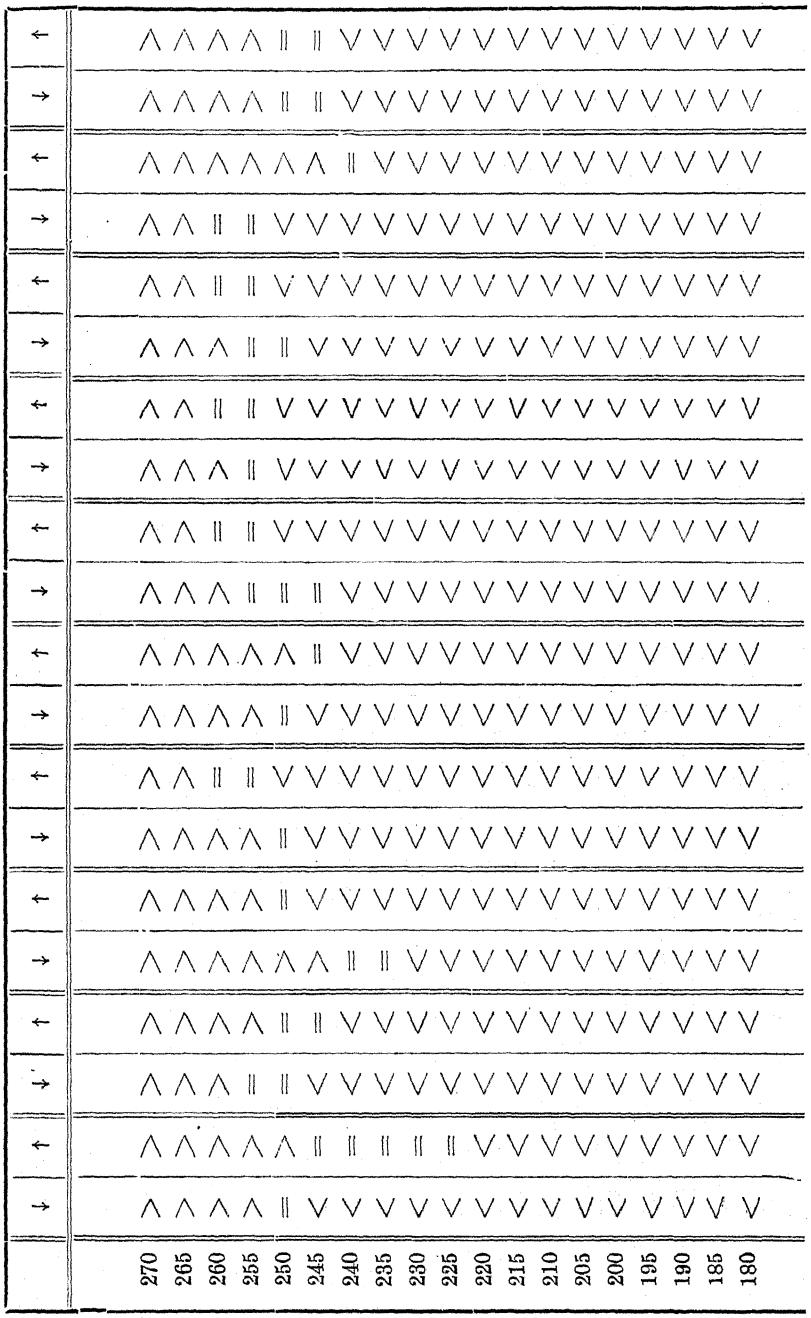
Результаты экспериментовъ, произведенныхъ по вышеуказанному способу, выражаются въ слѣдующей таблицѣ на стр. 245.

Въ этой таблицѣ значокъ ↓ служитъ для обозначенія ряда нисходящаго, значокъ же ↑ служитъ для обозначенія ряда восходящаго.

Въ каждомъ изъ десяти экспериментовъ опредѣляются четыре величины: r_o, $r_п$, $r_в$, $R_п$. Искомая величина будетъ равняться среднему ариѳметическому изъ этихъ чиселъ.

$$r_o = \frac{250+255+240+250+250+255+255+255+260+250}{10} = \frac{2520}{10} = 252$$

$$r_п = \frac{245+245+230+245+245+240+250+245+250+240}{10} = \frac{2435}{10} = 243{,}5$$


←
→
270 265 260 255 250 245 240 235 230 225 220 215 210 205 200 195 190 185 180

$$r_{\text{и}} = \frac{225 + 245 + 250 + 255 + 245 + 255 + 255 + 255 + 240 + 245}{10} = \frac{2470}{10} = 247$$

$$R_{\text{п}} = \frac{250 + 255 + 255 + 265 + 250 + 265 + 265 + 265 + 245 + 255}{10} = \frac{2570}{10} = 257$$

Искомая величина $M = \frac{252 + 243{,}5 + 247 + 257}{4} =$

$$= \frac{999{,}5}{4} = 248{,}625.$$

Задача 83. Найти среднее между двумя ощущеніями сѣраго цвѣта: (200 чернаго + 160 бѣлаго) и (90 чернаго + 170 бѣлаго).

Задача 84. Найти среднее между двумя ощущеніями тяжести (600 gr. и 100 gr.).

Задача 85. Найти среднее между двумя ощущеніями силы звука. На звуковомъ маятникѣ одинъ звукъ порождается паденіемъ съ высоты 75°, а другой—паденіемъ съ высоты 30°.

Литература къ гл. XVIII—XXI.

Fechner. Elemente der Psychophysik I—II. Lpz. 1889.
Fechner. Revision der Hauptpuncte der Psychophysik. Lpz. 1882.
Müller G. E. Zur Grundlegung der Psychophysik. Berlin. 1879.
Müller G. E. Die Gesichtspunkte und die Thatsachen der psychophysischen Methodik. 1904 (подробное указаніе литературы).
Martin und Müller. Zur Analyse der Unterschiedsempfindlichkeit. 1889.
Külpe. Grundriss der Psychologie. Lpz. 1893.
Foucault. La Psychophysique. Paris. 1901.
Brown William. The Essentials of Mental Measurement. Cambridge. 1911.
Lehmann. Lehrbuch der psychologischen Methodik. 1904.
Lipps G. F. Die psychischen Massmethoden. 1906.
Sanford. Cours de psychologie expérimentale. Paris. 1900.
Wundt. Grundzüge der physiologischen Psychologie. Erster Band. 1908.
Titchener. Experimental Psychology. Vol. II. Part I and II.
Wirth. Psychophysik. Lpz. 1912.
Lipps. Grundriss der Psychophysik. 1909.
Urban. The Application of statistical Methods to the problems of Psychophysics. 1908.

ПРИЛОЖЕНІЕ I.

Основныя понятія электротехники.

Въ виду того, что очень многіе приборы, употребляемые въ экспериментальной психологіи, снабжены электрическими приспособленіями, всякій, приступающій къ изученію экспериментальной психологіи, долженъ быть знакомъ съ основными понятіями электротехники, потому что только при знакомствѣ съ ними можетъ быть сознательное отношеніе къ дѣйствію приборовъ. Во многихъ случаяхъ, конечно, и безъ знакомства съ электротехникой можно по извѣстному шаблону пользоваться тѣми или иными приборами, въ особенности въ томъ случаѣ, когда въ психологической лабораторіи имѣется спеціалистъ электротехникъ; но весьма часто у занимающагося экспериментальной психологіей должно быть весьма ясное пониманіе физическихъ процессовъ, имѣющихъ мѣсто при дѣйствіи приборовъ.

Было бы всего лучше, если бы учащійся ознакомился съ электротехникой практически, но если это по обстоятельствамъ недостижимо, то слѣдуетъ, по крайней мѣрѣ, ознакомиться съ нею по руководствамъ.

Изложеніе въ настоящей главѣ основныхъ электротехническихъ понятій отнюдь не слѣдуетъ считать исчерпывающимъ. Оно имѣетъ цѣлью обратить вниманіе на тѣ основные пункты, съ которыми долженъ быть знакомъ изучающій. Если что-нибудь останется неяснымъ, то съ этимъ слѣдуетъ ознакомиться по большимъ сочиненіямъ, посвященнымъ электричеству.

Для подробнаго изученія электротехники рекомендуются слѣдующія сочиненія на русскомъ языкѣ:

Литература.

Цингеръ. Начальная физика (первая ступень). 3-е изд. 1912 г.
Косоноговъ. Концентрическій учебникъ физики. К. 1908 г.
Лехеръ. Физика для медиковъ и біологовъ. М. 1914 г.

Томпсонъ. Элементарные уроки по электричеству и магнетизму. М. 1912 г.
Цееманъ. Введеніе въ электротехнику. М. 1908 г.
Кокушинъ. Учебникъ электротехники. М. 1914 г.
Клодъ-Оствальдъ. Электричество и его примѣненіе, въ общедоступномъ изложеніи. М. 1909 г.
Мороховецъ. Физико-химическія основы біологическихъ и врачебныхъ методовъ изслѣдованія. М. 1895—1897 г.
Грецъ. Электричество и его примѣненія. М. 1915 г.
Штарке. Опытное ученіе объ электричествѣ. М. 1910 г.
Эйхенвальдъ. Электричество. М. 1912 г.
Кролль. Учебникъ электротехники. М. 1908 г.

Гальваническіе элементы. Въ качествѣ источника электрической энергіи употребляются такъ называемые гальваническіе элементы. Наиболѣе употребительный изъ нихъ состоитъ изъ пластинокъ цинка Z и мѣди K (или C) погруженныхъ въ водный растворъ сѣрной кислоты такъ, чтобы онѣ не прикасались другъ къ другу. Къ цинку и къ мѣди припаиваютъ по кусочку мѣдной проволоки (рис. 78). При этихъ условіяхъ обѣ пластинки окажутся заряженными электричествомъ. Въ каждой изъ нихъ находится извѣстное количество электричества, но мѣдь будетъ сильнѣе заряжена, чѣмъ цинкъ. Болѣе сильный зарядъ называется положительнымъ и обозначается при помощи знака +; о цинкѣ мы говоримъ, что онъ заряженъ отрицательно, и обозначаемъ этотъ зарядъ знакомъ —. Между двумя тѣлами, заряженными противоположными электричествами, имѣется такое отношеніе, что электричество стремится итти отъ болѣе заряженнаго тѣла къ менѣе заряженному. Если мы соединимъ мѣдь и цинкъ проводомъ, то электрическій токъ пойдетъ отъ мѣди къ цинку. Движеніе электричества происходитъ, какъ въ этомъ случаѣ принято выражаться, вслѣдствіе разности потенціаловъ. Поэтому разность потенціаловъ называется также электродвижущей силой.

Концы проволокъ, припаянныхъ къ пластинкамъ Z и K, называются полюсами или электродами элемента. Положительный полюсъ называется анодомъ, отрицательный полюсъ называется катодомъ.

На практикѣ употребляются различные типы гальваническихъ элементовъ: Гренэ, Лекланшэ, Даніэля, Бунзена и др.

Электрическія единицы. Электричество можетъ быть измѣряемо. Для того, чтобы понять, какъ производится измѣреніе электричества, мы должны провести строгое различіе между слѣдующими тремя понятіями, именно:

1) давленіе или напряженіе электрическаго тока; 2) сила тока и 3) сопротивленіе электриче-

скому току. Эти различія могутъ быть легко поняты, если мы теченіе электричества по проводнику сравнимъ съ теченіемъ воды въ трубѣ. Если какой-либо резервуаръ снабжаетъ городъ водой черезъ какую-либо длинную трубу, то сила теченія у устья трубы находится въ зависимости, во-первыхъ, отъ давленія, которое толкаетъ жидкость черезъ трубу, т.-е. отъ высоты, на которой находится резервуаръ, и, во-вторыхъ, отъ длины и толщины трубы. Количество воды, протекающей въ одну секунду, соотвѣтствуетъ силѣ электрическаго тока. Сила тока—это есть количество электричества, протекающее черезъ какой-либо проводникъ въ опредѣленную единицу времени. Давленіе или напряженіе электрическаго тока соотвѣтствуетъ давленію воды въ трубѣ, зависящему отъ высоты, на которой находится резервуаръ. Сопротивленіе току соотвѣтствуетъ тренію въ трубахъ, зависящему отъ длины и толщины трубы.

Эти три фактора обыкновенно обозначаются при помощи знаковъ:

E—давленіе или напряженіе электричества, электродвижущая сила или разность потенціаловъ.
I—сила тока.
R—сопротивленіе.

Давленіе или напряженіе измѣряется единицей, которая называется вольтъ (обыкновенный элементъ имѣетъ около двухъ вольтъ).

Каждый проводникъ представляетъ извѣстное сопротивленіе электрическому току. Чѣмъ толще проводникъ, тѣмъ сопротивленіе меньше; съ другой стороны, чѣмъ длиннѣе проводникъ, тѣмъ сопротивленіе больше. Сопротивленіе зависитъ также отъ матеріала, изъ котораго онъ сдѣланъ. Такъ, напр., желѣзная проволока представитъ больше сопротивленія току, чѣмъ мѣдная. Единица сопротивленія называется омомъ (обыкновенная мѣдная проволока, употребляемая въ домахъ для электрическаго освѣщенія, имѣетъ сопротивленіе около 0,00259 омовъ на 1 футъ).

Токъ, который проходитъ по проводнику подъ извѣстнымъ давленіемъ (измѣряемымъ вольтами), противъ извѣстнаго сопротивленія (измѣряемаго омами), имѣетъ извѣстную силу. Единицей силы тока является амперъ. Обыкновенная 16 свѣчная лампа при 110 вольтахъ имѣетъ силу тока въ полъ-ампера.

Эти три основныхъ стороны: давленіе или напряженіе, сила тока и сопротивленіе имѣются налицо въ каждомъ электриче-

скомъ токѣ. Связь между ними выражается при помощи извѣстнаго закона Ома:

$$I = \frac{E \text{ вольтъ}}{R \text{ омовъ}},$$

т.-е. сила тока въ амперахъ выражается числомъ вольтъ электродвижущей силы, дѣленнымъ на число омовъ сопротивленія. Изъ этой формулы слѣдуетъ, что

$$E = I \times R.$$

Давленіе равняется силѣ тока, помноженной на сопротивленіе.

$$R = \frac{E}{I}.$$

Сопротивленіе равняется давленію, дѣленному на силу тока.

Изъ первой формулы можно видѣть, что сила тока прямо пропорціональна электродвижущей силѣ и обратно пропорціональна сопротивленію цѣпи.

Если двѣ какихъ-нибудь стороны извѣстны, то мы можемъ вычислить третью. Если мы, напр., имѣемъ разность потенціаловъ въ 10 вольтъ, сопротивленіе въ цѣпи равное 5 омамъ, то сила тока будетъ равняться 2 амперамъ. Предположимъ, что мы желаемъ послать токъ въ 50 амперовъ черезъ сопротивленіе въ 4 ома, тогда мы можемъ опредѣлить, какое нужно напряженіе или давленіе тока; именно, нужно 200 вольтъ. Предположимъ, наконецъ, что мы имѣемъ разность потенціаловъ въ 50 вольтъ, а въ цѣпи имѣется токъ въ 2 ампера. Чему равняется сопротивленіе въ цѣпи? 25 омамъ.

Есть еще одна единица, которая употребляется при электрическихъ измѣреніяхъ, это, именно, уаттъ, служащій для измѣренія мощности.

Всякая электрическая работа измѣряется произведеніемъ вольтъ на амперы. Вслѣдствіе этого, если черезъ проводъ проходитъ токъ съ силой въ 10 амперъ при напряженіи въ 100 вольтъ, то это та же самая мощность, если черезъ проводъ проходитъ токъ силой въ 1 амперъ при 1000 вольтахъ или въ 100 амперъ при 10 вольтахъ. Произведеніе изъ вольтъ на амперы называется уаттомъ.

100 уаттовъ называется гектоуаттъ.

1000 уаттовъ называется килоуаттъ.

Одна лошадиная сила электрически равняется 736 уаттамъ.

Вольтметръ и амперметръ. Для измѣренія напряженія тока служитъ вольтметръ, для измѣренія силы тока служитъ амперметръ. Собственно, и вольтметръ и амперметръ суть только виды того прибора, который называется гальванометромъ. Какъ извѣстно, электрическій токъ обладаетъ способностью отклонять магнитную стрѣлку. Гальванометръ можетъ быть устроенъ такимъ образомъ, что въ немъ отклоненіе будетъ увеличиваться вмѣстѣ съ силой тока. Въ этомъ случаѣ гальванометръ называется амперметромъ. Для измѣренія силы тока при помощи амперметра его включаютъ непосредственно въ цѣпь. Но для того, чтобы амперметръ не измѣнялъ силы

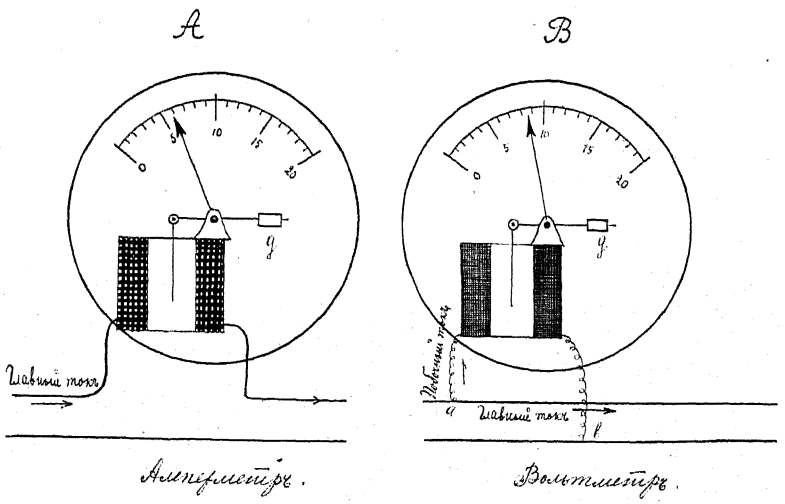


Рис. 151.

тока въ той цѣпи, его катушка должна обладать чрезвычайно малымъ сопротивленіемъ. Для этого берутъ небольшое число витковъ толстой проволоки. Такъ какъ амперметръ включается прямо въ токъ, то весь токъ проходитъ черезъ него (рис. 151 *A* и *B*).

Если, напротивъ, гальванометръ долженъ измѣрять напряженіе или разность потенціаловъ двухъ данныхъ точекъ, то онъ градуируется иначе, чѣмъ амперметръ, и называется вольтметромъ. Вольтметръ есть гальванометръ съ обмоткой очень большого сопротивленія. Онъ состоитъ изъ большого числа витковъ изъ очень тонкой проволоки. Для измѣренія напряженія мы включаемъ его параллельно главной цѣпи.

Такъ какъ сопротивленіе гальванометра очень велико, то черезъ него проходитъ только очень незначительная часть тока главной цѣпи. Вслѣдствіе этого его включеніе въ цѣпь почти не измѣнитъ разности потенціаловъ взятыхъ точекъ (см. рис. 141).

Итакъ, для измѣренія силы тока мы включаемъ амперметръ въ самую цѣпь, вольтметръ же мы присоединяемъ въ отвѣтвленіи

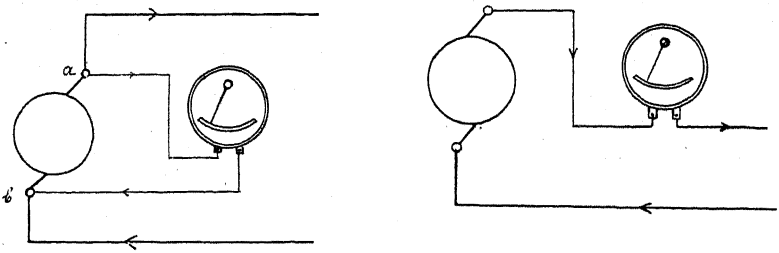


Рис. 152. Схема включенія амперметра (справа) и вольтметра (слѣва).

(параллельно) отъ двухъ точекъ цѣпи, когда мы желаемъ опредѣлить разность потенціаловъ между этими точками (рис. 152) [1]).

Измѣреніе сопротивленія. При помощи амперметра и вольтметра можно измѣрить и сопротивленіе проводника. Для этого при помощи вольтметра измѣряется разность потенціаловъ и дѣлится на силу тока, идущаго по проводнику и измѣреннаго амперметромъ.

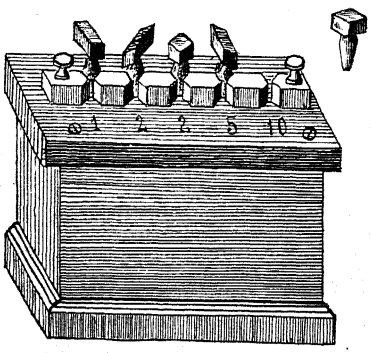


Рис. 153. Ящикъ сопротивленій.

Но есть приспособленія, при помощи которыхъ непосредственно измѣряется сопротивленіе. Къ числу наиболѣе употребительныхъ относится такъ называемый «ящикъ сопротивленій». Существенная часть «ящика сопротивленій» (рис. 153)—это катушки проволокъ различныхъ сопротивленій, которыя заранѣе уже опредѣлены. Концы этихъ катушекъ припаяны къ толстымъ металлическимъ брускамъ a, b, c, d, e, помѣщеннымъ въ рядъ въ каучуковой крышкѣ ящика (рис. 154). Въ промежуткѣ между металлическими брусками вставляются металлическія пробки, такъ наз. штепсели. Штепсели эти предназначаются для того, чтобы устанавливать

[1]) Косоноговъ, гл. 11, 27. Цингеръ. Клодъ, гл. 8.

непрерывность между брусками. Крайніе бруски A и B соединяются съ цѣпью. Если всѣ штепсели вставлены, то токъ проходитъ какъ бы по сплошному металлическому бруску, сопротивленіе котораго настолько незначительно, что практически можетъ быть принято равнымъ нулю. Если вынуть одинъ или нѣсколько штепселей, то токъ долженъ пройти черезъ соотвѣтствующія катушки. Такъ какъ сопротивленіе каждой катушки извѣстно заранѣе, то величину сопротивленія, получившагося вслѣдствіе вынутія штепселей, легко опредѣлить: она равна суммѣ сопротивленій катушекъ, введенныхъ въ цѣпь.

Для измѣренія сопротивленія какого-либо проводника поступаемъ слѣдующимъ образомъ. Составляемъ цѣпь изъ элемента E, гальванометра G, искомаго сопротивленія X и ящика сопротивленія R. Въ этомъ послѣднемъ всѣ штепсели вставлены. Ящикъ, какъ говорятъ, «поставленъ на нуль». Запишемъ величину отклоненія стрѣлки гальванометра и затѣмъ выведемъ изслѣдуемый проводникъ изъ цѣпи. Соединивъ цѣпь вновь, мы вынимаемъ изъ ящика столько штепселей, чтобы отклоненіе гальванометра равнялось прежнему. Сопротивленіе проводника будетъ равняться суммѣ сопротивленій введенныхъ катушекъ [1]).

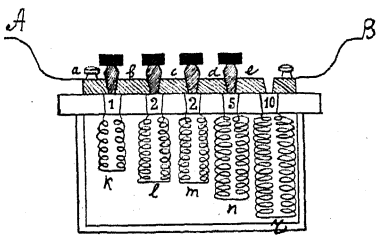


Рис. 154.

Предохранители и короткое замыканіе. Если черезъ проводъ пропускается слишкомъ сильный токъ, то проводъ можетъ накалиться и даже загорѣться. Чтобы избѣжать этого, употребляется предохранитель. Въ какомъ-либо мѣстѣ провода прерываются, и промежутокъ заполняется, напр., полоской изъ свинца. Эта полоска дѣлается такой толщины, что при извѣстной силѣ тока она расплавляется. Она по сравненію съ проводомъ одинаковой съ нею длины должна имѣть большее сопротивленіе, чтобы согрѣваться раньше и сильнѣе провода. Если по проводу проходитъ слишкомъ сильный токъ, то полоска свинца расплавляется, и токъ прерывается.

Если два провода приходятъ между собою въ непосредственное соприкосновеніе безъ включенія какого-либо сопротивленія, то получается то, что называется коротким ъ за-

---

[1]) Косоногов ъ § 312. Описаніе „ящика сопротивленій“ заимствовано у Косоногова. Шт арке. Стр. 146—151.

мыканіемъ, влекущимъ за собою образованіе тока слишкомъ сильнаго для даннаго провода. При работахъ съ электрическими приборами нужно всячески избѣгать короткаго замыканія. Во всѣхъ случаяхъ оно портитъ приборы, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ представляетъ большую опасность.

Соединеніе элементовъ. Для полученія болѣе сильнаго дѣйствія, чѣмъ то, которое можно имѣть отъ отдѣльныхъ элементовъ, приходится ихъ соединять другъ съ другомъ. Такія соединенія называются батареями. Для достиженія наиболѣе сильнаго дѣйствія слѣдуетъ руководиться опредѣленными правилами при соединеніи. Различаютъ три вида соединенія: послѣдовательное, параллельное и смѣшанное.

Для послѣдовательнаго соединенія нѣсколькихъ элементовъ связываютъ отрицательный полюсъ каждаго элемента

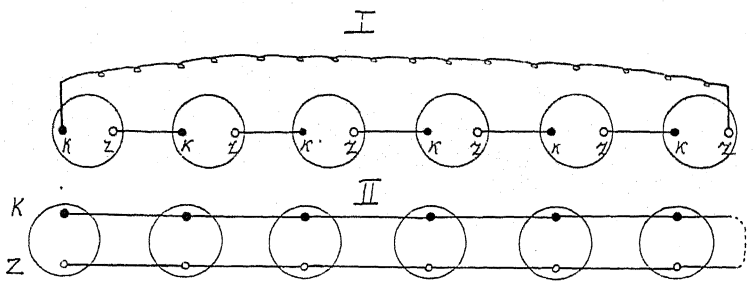


Рис. 155.

съ положительнымъ полюсомъ послѣдующаго (рис. 155I). Электродвижущая сила полученной такимъ образомъ батареи равна суммѣ электродвижущихъ силъ отдѣльныхъ элементовъ, а внутреннее сопротивленіе равно суммѣ всѣхъ отдѣльныхъ внутреннихъ сопротивленій. Напр., 10 элементовъ, каждый съ напряженіемъ въ 2 вольта и съ внутреннимъ сопротивленіемъ въ 0,3 ома, при послѣдовательномъ ихъ соединеніи равняются одному элементу съ электродвижущей силой въ 20 вольтъ и внутреннимъ сопротивленіемъ въ 3 ома.

Для параллельнаго соединенія элементовъ связываютъ другъ съ другомъ ихъ одноименные полюсы, т.-е. положительный съ положительнымъ, отрицательный съ отрицательнымъ (рис. 155II). Электродвижущая сила батареи въ этомъ случаѣ равна электродвижущей силѣ отдѣльнаго элемента, но ея внутреннее сопротивленіе въ n разъ меньше сопротивленія отдѣльнаго элемента, при чемъ n обозначаетъ число элементовъ.

Для смѣшаннаго соединенія образуютъ нѣсколько группъ изъ одинаковаго числа элементовъ, соединенныхъ послѣдовательно, а затѣмъ соединяютъ эти группы параллельно.

Чтобы получить наиболѣе полезную работу отъ опредѣленнаго числа элементовъ, поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

1) если сопротивленіе внѣшней цѣпи велико, соединяютъ элементы послѣдовательно;

2) въ противоположномъ случаѣ, когда сопротивленіе внѣшней цѣпи мало, пользуются параллельнымъ соединеніемъ;

3) если, наконецъ, сопротивленіе внѣшней цѣпи близко по величинѣ къ внутреннему сопротивленію отдѣльнаго элемента, то пользуются смѣшаннымъ соединеніемъ, и изъ всѣхъ возможныхъ соединеній выбираютъ то, внутреннее сопротивленіе котораго по возможности близко подходитъ къ сопротивленію внѣшней цѣпи.

Разсмотримъ нѣсколько случаевъ, изъ которыхъ сдѣлается ясной справедливость только что приведенныхъ правилъ.

Первый случай. Желательно получить возможно болѣе сильный токъ во внѣшней цѣпи, сопротивленіе которой равняется 12 омамъ; у насъ для этого есть 5 элементовъ, у которыхъ

$$E = 2 \text{ вольтамъ}$$

$W = 0{,}3$ ома (W есть внутреннее сопротивленіе). Разсмотримъ, что получится при различныхъ видахъ соединенія.

При послѣдовательномъ соединеніи:

Электродвижущая сила батареи $= 5 \times 2 = 10$ вольтамъ.
Внутреннее сопротивленіе $= 0{,}3 \times 5 = 1{,}5$ ома.

$$\text{Сила тока } \frac{10}{12 + 1{,}5} = 0{,}741 \text{ ампера.}$$

При параллельномъ соединеніи:

Электродвижущая сила батареи $= 2$ вольтамъ.

$$\text{Внутреннее сопротивленіе} = \frac{0{,}3}{5} = 0{,}06 \text{ вольта.}$$

$$\text{Сила тока} = \frac{2}{12 + 0{,}06} = 0{,}169 \text{ ампера.}$$

Сила тока при 5 элементахъ равнялась бы 0,169 ампера, между тѣмъ какъ при одномъ элементѣ сила тока достигла бы

величины $\frac{2}{12+0,3} = 0,163$. Разница такъ незначительна, что совершенно ясно, что въ данномъ случаѣ параллельное соединеніе невыгодно, а выгодно послѣдовательное. Въ данномъ случаѣ сопротивленіе во внѣшней цѣпи велико.

Второй случай. Четыре элемента, у которыхъ

$$E = 1,5 \text{ вольта}$$
$$W = 0,4 \text{ ома}$$

питаютъ проводникъ съ сопротивленіемъ въ 0,05 ома. Рѣшить, какое соединеніе окажется наиболѣе выгоднымъ.

При параллельномъ соединеніи:

электродвижущая сила $= 1,5$ вольта.

внутреннее сопротивленіе $= \frac{0,4}{4} = 0,1$ ома.

Сила тока $\frac{1,5}{0,05+0,1} = 10$ амперамъ.

При послѣдовательномъ соединеніи:

электродвижущая сила $1,5 \times 4 = 6$ вольтамъ,
внутреннее сопротивленіе $0,4 \times 4 = 1,6$ омамъ.

Сила тока $= \frac{6}{1,6+0,05} = 3,64$ ампера.

Сила тока при четырехъ элементахъ равнялась бы 3,64 ампера, между тѣмъ при одномъ элементѣ сила тока была бы

$$\frac{1,5}{0,4+0,05} = 3,33 \text{ ампера.}$$

Очевидно, что въ этомъ случаѣ, когда внѣшнее сопротивленіе незначительно, предпочтительно параллельное соединеніе [1]).

Индукція и принципъ динамомашины. Въ лабораторной практикѣ въ очень большомъ употребленіи электрическіе моторы или двигатели, приводимые въ дѣйствіе динамомашиной. Практикантъ долженъ имѣть болѣе или менѣе отчетливое представленіе о ихъ дѣйствіи.

---

[1]) Косоноговъ. § 320. Клодъ, гл. 7-я. Числовые примѣры текста взяты у Клода.

Для пониманія дѣйствія динамомашины необходимо вспомнить, какъ электрическіе токи получаются путемъ индукціи.

Если взять катушку, концы проводовъ которой соединены съ гальванометромъ (рис. 156), и въ нее вдвигать магнитъ, то въ катушкѣ образуется токъ. Объ этомъ можно заключать по тому, что стрѣлка гальванометра будетъ отклоняться. Если мы прекратимъ движеніе магнита, то гальванометръ не покажетъ никакого отклоненія. Если мы будемъ вынимать магнитъ изъ катушки, стрѣлка отклоняется опять, но въ направленіи, противоположномъ первому. Изъ этого легко видѣть, что возникновеніе электрическаго тока въ катушкѣ связано съ движеніемъ магнита. При помощи движенія магнита мы создаемъ токъ, который въ тотъ моментъ, когда движеніе перемѣняется, также мѣняетъ свое направленіе. Число этихъ перемѣнъ находится въ зависимости отъ частоты движенія магнита. Если этотъ послѣдній мы поднимаемъ и опускаемъ два раза въ секунду, то это соотвѣтствуетъ перемѣнному току 120 періодовъ въ минуту, или соотвѣтствуетъ частотѣ 120 перемѣнъ въ минуту.

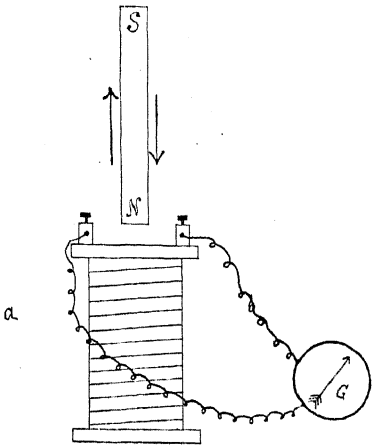


Рис. 156.

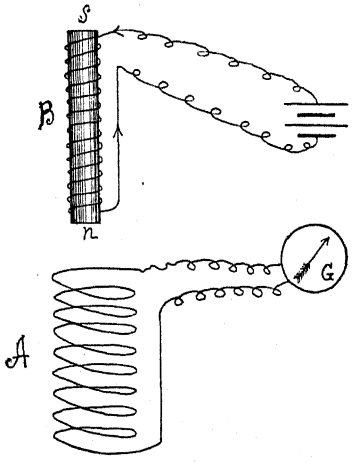


Рис. 157.

Произведемъ тотъ же опытъ въ нѣсколько измѣненномъ видѣ. Будемъ магнитъ проводить мимо одного изъ концовъ катушки. Мы замѣтимъ, что при приближеніи магнита получается отклоненіе стрѣлки гальванометра въ одну сторону, а при удаленіи — въ противоположную.

Вмѣсто магнита возьмемъ электромагнитъ, т.-е. кусокъ желѣза, обмотаннаго проволокой, по которому проходитъ токъ. Если мы будемъ приближать электромагнитъ къ какому-нибудь проводнику, или удалять отъ

него, то въ проводникѣ будетъ получаться токъ того или иного направленія (рис. 157).

Возьмемъ, далѣе, подковообразный желѣзный магнитъ (рис. 158), между полюсами котораго находится поле силовыхъ линій, проходящихъ отъ сѣвернаго полюса къ южному въ видѣ пучка почти параллельныхъ линій. Затѣмъ возьмемъ кусокъ прямой проволоки, концы которой соединимъ съ гальванометромъ, и будемъ держать его въ полѣ. Въ такомъ случаѣ гальванометръ не покажетъ никакого отклоненія. Но если мы будемъ двигать проводникъ черезъ поле (въ направленіи стрѣлки) такимъ образомъ, чтобы его движеніе было перпендикулярно къ направленію силовыхъ линій, другими словами, чтобы при своемъ движеніи проводникъ пересѣкалъ силовыя линіи, то стрѣлка гальванометра отклонится. Если же мы послѣ этого произведемъ движеніе въ обратномъ направленіи, то стрѣлка гальванометра отклонится въ другую сторону. Это показываетъ, что въ проводникѣ при пересѣченіи имъ силовыхъ линій возникаютъ токи, при чемъ направленіе этихъ токовъ мѣняется въ зависимости отъ направленія движенія проводника.

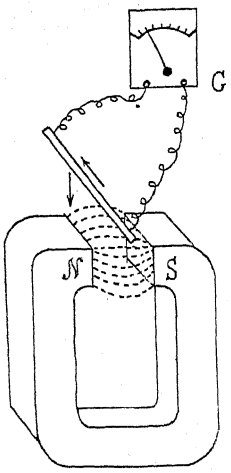


Рис. 158.

Усложнимъ нѣсколько нашъ опытъ (рис. 159). Вмѣсто простой проволоки возьмемъ четыреугольникъ, и пусть этотъ четыреугольникъ вращается въ магнитномъ полѣ въ направленіи, указанномъ стрѣлкой. Два конца этого четыреугольника соединены съ пластинками, на которыя давятъ пружины, соединенныя съ гальванометромъ. Такимъ образомъ, у насъ получается замкнутая цѣпь. Если мы этотъ четыреугольникъ станемъ вращать въ магнитномъ полѣ, то у насъ получится непрерывный токъ. Почему получится непрерывный токъ, легко понять изъ слѣдующихъ сооб-

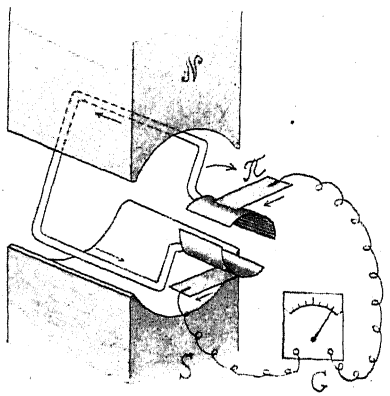


Рис. 159.

раженій. Пусть четыреугольникъ вращается по направленію стрѣлки. Передняя и задняя стороны четыреугольника не пересѣкаютъ силовыхъ линій, верхняя же и нижняя горизонтальныя стороны пересѣкаютъ. Поэтому въ верхней и нижней части возникаетъ токъ, при чемъ направленіе этого тока зависитъ отъ направленія пересѣченія силовыхъ линій. Токъ въ части, находящейся внизу, долженъ имѣть направленіе, о б р а т н о е току, получающемуся въ верхней части, потому что они совершаютъ движенія, противоположныя другъ другу. При каждомъ полномъ оборотѣ каждая часть мѣняетъ направленіе тока два раза, т.-е., напримѣръ, нижняя часть имѣетъ токъ одного направленія, а когда эта же часть находится наверху, то она имѣетъ токъ другого направленія, такъ что по самому четыреугольнику проходитъ перемѣнный токъ. Однако гальванометръ получаетъ не перемѣнный, а п о с т о я н н ы й т о к ъ, т.-е. токъ одного и того же н а п р а в л е н і я (стрѣлка гальванометра отклоняется въ одну и ту же сторону). Это объясняется тѣмъ, что пластинки, которыя попеременно становятся то положительными, то отрицательными, вращаются вмѣстѣ съ проводниками. Токъ проходитъ черезъ к о н т а к т н ы я п р у ж и н ы или щ е т к и II, которыя всегда остаются на одномъ и томъ же мѣстѣ; поэтому, напримѣръ, нижняя контактная пружина всегда получаетъ токъ отъ части четыреугольника, находящейся внизу, а такъ какъ отсюда получается токъ положительный, то нижняя щетка всегда остается мѣстомъ, откуда токъ выходитъ, т.-е. всегда будетъ положительной. Это приспособленіе, благодаря которому токамъ сообщается одно и то же направленіе, называется к о м м у т а т о р о м ъ.

Если концы вращающейся катушки соединить съ п а р о ю контактныхъ колецъ (рис. 160 *B*), на каждое изъ которыхъ нажимала бы щетка, то мы получали бы п е р е м ѣ н н ы е токи, потому что оба контактныхъ кольца будутъ попеременно становиться + и — при каждомъ полуоборотѣ. Другими словами, каждый конецъ катушки мы подводимъ къ особому кольцу, по которому скользитъ щетка; тогда проводникъ, поднимаясь вверхъ, проводитъ отрицательное электричество, а опускаясь внизъ, проводитъ положительное. На гальванометрѣ получается токъ то одного, то другого направленія.

Собственно, здѣсь мы уже имѣемъ то, что называется динамомашиной, существенныя части которой суть: м а г н и т ъ, образующій силовыя линіи, и п р о в о д н и к ъ, пересѣкающій эти силовыя линіи и образующій вслѣдствіе этого токи. Но недостатокъ только что описанной машины заключался бы въ томъ, что

при помощи ея нельзя было бы получить сильнаго тока. Для того, чтобы повысить дѣйствіе такой машины, нужно соединить много такихъ четыреугольниковъ (рис. 161). На практикѣ такихъ четыреугольниковъ, или витковъ, берутъ по крайней мѣрѣ, двѣнадцать штукъ, при чемъ каждый изъ нихъ присо-

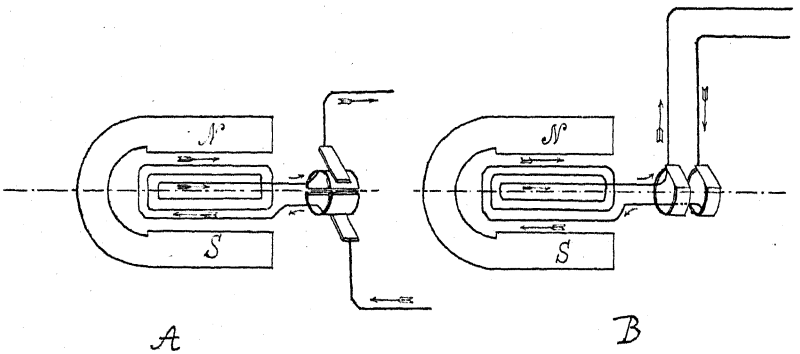


Рис. 160. Схема динамомашины прямого и перемѣннаго тока.

единяется къ двумъ сегментамъ коллектора (К). Эти витки называются якоремъ.

Такимъ образомъ, мы видимъ, что, если у насъ есть магнитъ, образующій магнитное поле съ силовыми линіями, то при пересѣченіи послѣднихъ якоремъ получается электрическій токъ, который можно снимать съ коллектора черезъ посредство контактныхъ пружинъ или щетокъ. На этомъ принципѣ построена динамомашина, которую обыкновенно называютъ просто динамо [1]).

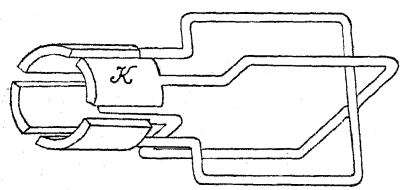


Рис. 161.

Динамомашина. Магнитное поле динамомашины для техническихъ цѣлей должно быть по возможности сильнымъ. Это достигается тѣмъ, что вмѣсто стальныхъ магнитовъ берутъ электромагнитъ. Какъ получить въ этомъ случаѣ электромагнитъ?

Вспомнимъ, что, если кусокъ желѣза обвить проволокой и пропустить черезъ нее токъ, то желѣзо пріобрѣтаетъ свойство

---

[1]) Косоноговъ, § 393 и сл. Цеемаппъ, гл. 1-ая. Клодъ, гл. 12-ая. Лехеръ, стр. 354 и сл.

магнита, дѣлается электромагнитомъ. Слѣдовательно, мы могли бы, пропуская токъ по проволокѣ, обвивающей большую стальную дугу, получить электромагнитъ любой силы, т.-е. мы поддерживали бы магнитныя свойства, если бы по указанному проводу непрерывно шелъ токъ. Но, какъ оказывается, въ этомъ нѣтъ надобности. Созданіе сильнаго электромагнита очень упрощается, благодаря открытію Сименса, заключающемуся въ томъ, что *токъ, нужный для электромагнита, можно брать изъ самой же машины*. Какъ это дѣлается, можно понять изъ слѣдующаго. Возьмемъ электромагнитъ изъ мягкаго желѣза, пропустимъ черезъ провода токъ; тогда желѣзо магнетизируется, и магнетическія свойства сохраняются въ немъ даже въ томъ случаѣ, когда дѣйствія тока прекращаются. Это такъ называемый *остаточный магнетизмъ*. Вмѣсто магнита возьмемъ желѣзную дугу, обвитую проводами такимъ образомъ, чтобы токъ, который получается въ якорѣ, могъ бы черезъ щетки проходить въ дугу и намагничивать ее. Если машина находится въ покоѣ, то между полюсами имѣется весьма слабое поле, вызываемое указаннымъ остаточнымъ магнетизмомъ. Но какъ только якорь придетъ въ движеніе, въ немъ, въ силу причинъ, указанныхъ выше, возникаетъ токъ, который, будучи проведенъ по проволокѣ, идущей черезъ электромагнитъ, усилитъ магнитное поле машины, что въ свою очередь вызоветъ дальнѣйшее усиленіе тока въ якорѣ до извѣстнаго максимума. Такимъ образомъ, токъ, получаемый вслѣдствіе движенія якоря, частью посылается во внѣшнюю цѣпь, частью питаетъ самое машину, т.-е. служитъ для усиленія магнитнаго поля, или для «возбужденія» поля, какъ принято въ этомъ случаѣ выражаться.

Для возбужденія динамомашины при помощи тока, вырабатываемаго ею самой, существуетъ нѣсколько типовъ соединеній. Отмѣтимъ изъ нихъ два типа.

На рис. 162 можно видѣть такъ называемое *послѣдовательное соединеніе*. Токъ послѣ выхода со щетокъ проходитъ вокругъ обмотки магнитовъ, а затѣмъ въ ту цѣпь, которая должна быть присоединена къ машинѣ. На рис. 163 представлено *параллельное соединеніе*. Около щетокъ токъ развѣтвляется. Одна часть идетъ во внѣшнюю цѣпь, а другая въ обмотку электромагнита. Магнитъ и якорь расположены не послѣдовательно, а параллельно.

Якорь динамомашины приводится въ движеніе при помощи водяного, парового, газоваго и т. п. двигателей. Динамомашина, схему которой мы представили выше, существуетъ въ

очень многихъ видахъ. Это есть динамомашина постояннаго или прямого тока [1]).

Машины перемѣннаго тока. Подъ перемѣннымъ токомъ, какъ мы видѣли, слѣдуетъ понимать тотъ токъ, который въ быстрой послѣдовательности періодически мѣняетъ свою силу и направленіе. Перемѣнный токъ въ извѣстный моментъ имѣетъ величину, равную нулю, затѣмъ возрастаетъ до тѣхъ поръ, пока не достигнетъ максимума, затѣмъ опять спускается до нуля. Число перемѣнъ тока бываетъ различно въ зависимости отъ тѣхъ или другихъ цѣлей. Такъ, для освѣщенія число перемѣнъ доходитъ до ста въ секунду. Несмотря на перемѣну

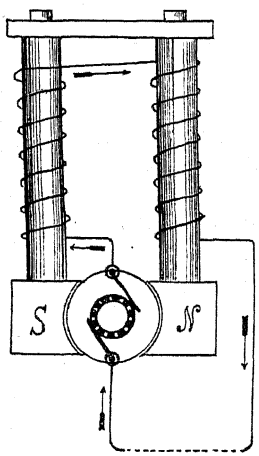


Рис. 162.

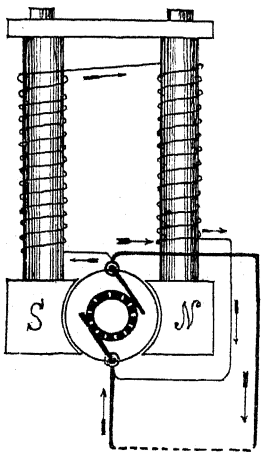


Рис. 163.

тока, получается непрерывное ощущеніе свѣта. Для моторовъ число перемѣнъ обыкновенно бываетъ меньше, напр., до 50. Въ послѣднее время перемѣнный токъ входитъ все больше и больше въ употребленіе. Это объясняется тѣмъ, что перемѣнный токъ для передачи на большія разстоянія представляетъ значительно большія удобства, чѣмъ постоянный.

Чѣмъ же отличается устройство машинъ перемѣннаго тока отъ машинъ постояннаго тока?

Машины перемѣннаго тока, такъ наз. альтернаторы, подобно машинамъ постояннаго тока, состоятъ изъ двухъ главныхъ составныхъ частей: якоря, въ которомъ индуцируется перемѣнный токъ, и электромагнита, который индуциру-

[1]) Цееманнъ, гл. 1-ая. Лехеръ, стр. 354 и слѣд. Клодъ, гл. 14-ая.

етъ токи. Но только въ отличіе отъ машинъ постояннаго тока расположеніе этихъ двухъ главныхъ составныхъ частей будетъ иное. Въ машинахъ прямого тока магнитная подставка неподвижна, и якорь движется внутри магнитнаго поля. Въ машинахъ перемѣннаго тока (и именно для токовъ высокаго напряженія) расположеніе бываетъ по большей части обратное. Та часть, въ которой находятся магниты, такъ наз. магнитное колесо, или роторъ, вращается, а та часть, которая содержитъ индуцируемыя проволоки и которая соотвѣтствуетъ якорю машинъ постояннаго тока, остается въ покоѣ (она называется также статоромъ). На рис. 164 изображено большое колесо E, на которомъ расположенъ рядъ обращенныхъ внутрь зубцовъ a, обмотанныхъ проволокой. Внутри кольца вращается магнитное колесо, въ которомъ обращенные наружу зубцы b обмотаны проволокой въ различныхъ направленіяхъ. Въ магнитное колесо посылается постоянный токъ изъ отдѣльной машины черезъ контакты S_1 и S_2. При вращеніи магнитнаго колеса каждый полюсъ b, проходя мимо a, индуцируетъ въ послѣднемъ перемѣнный токъ, который черезъ посредство проводовъ d и d_1 отводится во внѣшнюю цѣпь [1]).

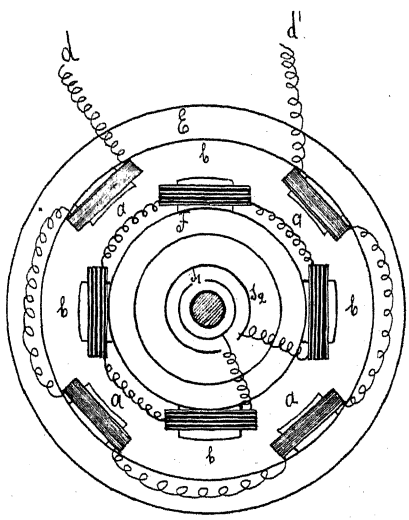


Рис. 164.

Таково различіе во внѣшнемъ устройствѣ машинъ постояннаго и перемѣннаго тока.

Трехфазный токъ. Въ лабораторной практикѣ приходится пользоваться моторами такъ наз. трехфазнаго тока. Чтобы понять, что такое трехфазный токъ, представимъ себѣ двѣ или три катушки, поставленныя одна за другой, каждая со своей электрической цѣпью. Если мы будемъ послѣдовательно двигать мимо нихъ магнитный полюсъ, то въ каждой изъ катушекъ будетъ возникать перемѣнный токъ; но такъ какъ индукція будетъ дѣйствовать въ каждой послѣдующей катушкѣ позднѣе, чѣмъ въ предыдущей, то мы получимъ три различ-

[1]) Цееманнъ, гл. 2-ая. Клодъ, гл. 25-ая. Лехеръ, стр.

ныхъ фазы перемѣннаго тока, отличающіяся другъ отъ друга тѣмъ, что катушка, ранѣе другихъ пересѣченная магнитными силовыми линіями, будетъ имѣть перемѣнный токъ, по своей фазѣ опередившій токъ остальныхъ катушекъ. Если мы представимъ себѣ, что такой способъ индуцированія осуществленъ на какой-нибудь машинѣ перемѣннаго тока, то мы будемъ имѣть трехфазный токъ, вмѣсто обыкновеннаго однофазнаго.

Такъ какъ для каждой фазы нужно по два провода, то казалось бы, что для трехфазнаго тока необходимо шесть проводовъ. На самомъ же дѣлѣ можно обойтись только тремя проводами. Это можно понять изъ рис. 165. Пусть *I* представляетъ собою катушку, въ которой получается первая фаза, *II*—катушку со второй фазой, *III*—катушку съ третьей фазой. Благодаря такому соединенію, провода *a* и *c* проводятъ токъ отъ катушки *I*, провода *a* и *b*—отъ катушки *II* и провода *b* и *c*—отъ катушки *III*. Отсюда ясно, что при помощи трехъ проводовъ *a*, *b* и *c* мы получаемъ трехфазный токъ. Эти провода, отходящіе отъ якоря, подводятся къ тремъ контактнымъ кольцамъ, отъ которыхъ при помощи щетокъ можно брать токъ [1]).

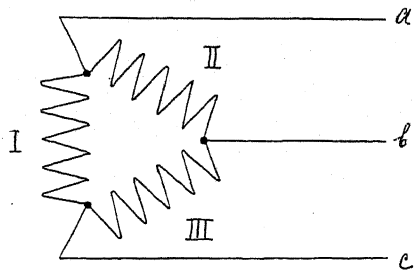


Рис. 165.

Обратимость динамомашины. Для того, чтобы понять, что такое электрическіе моторы или двигатели, обратимъ вниманіе на слѣдующее свойство динамомашины, носящей также названіе генератора электрическаго тока.

Если мы приводимъ во вращеніе якорь динамомашины при помощи парового, водяного и т. п. двигателя, то какъ мы видѣли, мы получаемъ отъ нея токъ. Если въ динамомашину пустимъ токъ, полученный какимъ-нибудь способомъ, то якорь динамомашины станетъ вращаться, и динамомашина сдѣлается двигателемъ или моторомъ.

Это свойство динамомашины называется обратимостью. Такимъ образомъ, динамомашина и моторъ есть въ дѣйствительности одна и та же машина. Если въ нее пустить токъ, она будетъ производить движеніе; если ее привести въ движеніе, она даетъ токъ.

---

[1]) См. литературу предыдущаго параграфа.

Двигатель прямого тока. Пусть электромагнитъ *n—s*, укрѣпленный на оси, вращается въ направленіи, указанномъ стрѣлкой (рис. 166). Размѣры его таковы, что онъ можетъ свободно двигаться между полюсами сильнаго электромагнита *S* и *N*. Въ этотъ магнитъ, который, какъ въ динамомашинѣ, называется якоремъ, черезъ кольца *rr* и щетки *ff* проходитъ токъ, который служитъ для возбужденія магнитовъ. При томъ положеніи, которое изображено на рисункѣ, въ якорѣ сверху возникаетъ южный полюсъ, а снизу—сѣверный полюсъ. Вспомнимъ, что одноименные полюсы другъ друга отталкиваютъ, а разноименные притягиваютъ. Оба полюса якоря стоятъ противъ одноименныхъ полюсовъ магнита.

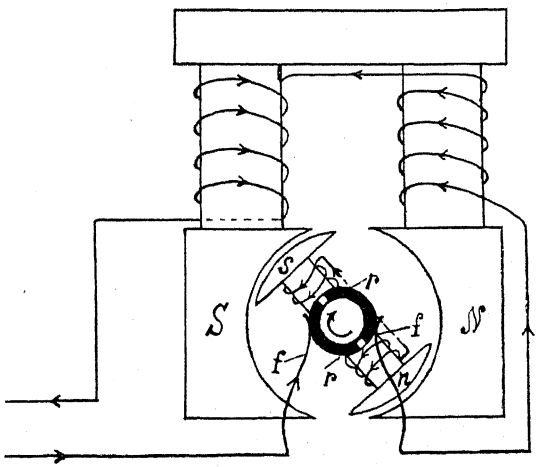


Рис. 166.

Вслѣдствіе этого возникаютъ отталкивающія силы, которыя сообщаютъ якорю движеніе, направленіе котораго указано стрѣлкой. Если его движеніе переходитъ за среднюю линію, то онъ продолжаетъ двигаться въ томъ же направленіи, но уже вслѣдствіе притягиванія разноименныхъ полюсовъ. Когда же якорь занимаетъ положеніе горизонтальное, то онъ долженъ былъ бы прервать движеніе, но въ это время токъ прерывается и вновь замыкается такимъ образомъ, что онъ по якорю проходитъ теперь въ обратномъ направленіи. Вслѣдствіе этого полюсы *n—s* измѣняются. Тогда силы дѣйствуютъ опять въ томъ же направленіи на якорь, который такимъ образомъ приводится въ постоянное вращеніе.

Смѣна токовъ въ якорѣ происходитъ, благодаря полукруглымъ кольцамъ *rr*, которыя изолированы другъ отъ друга и отъ вала и соединены съ началомъ и концомъ якорной обмотки. Эти полукруглыя кольца расположены по отношенію къ щеткамъ такимъ образомъ, что при одномъ положеніи этихъ послѣднихъ токъ идетъ въ одномъ направленіи, а при другомъ положеніи — въ другомъ.

Объясненіе, которое здѣсь дано относительно того, какимъ образомъ происходитъ движеніе мотора съ двухполюснымъ якоремъ, примѣнимо и къ моторамъ съ трехполюснымъ, четырехполюснымъ, вообще, многополюснымъ якоремъ [1]).

Двигатели перемѣннаго тока. Подобно тому, какъ динамомашина постояннаго тока становится моторомъ, если въ нее пустить токъ изъ другой динамомашины, такъ и генераторъ перемѣннаго тока, если его употреблять не для полученія тока, а наоборотъ, если онъ получаетъ токъ со стороны, становится моторомъ. Различаютъ два типа моторовъ перемѣннаго тока.

Если въ электромагниты альтернатора идетъ постоянный токъ, а въ якорь идетъ перемѣнный токъ, то взаимодѣйствіе между токами заставляетъ вращаться магнитное колесо. Въ якорь динамомашины проводится перемѣнный токъ такой же періодичности, какую динамомашина могла бы сама производить, работая какъ генераторъ для полученія того же перемѣннаго тока. Эти моторы называются синхронными.

Для пониманія сущности второго типа моторовъ нужно вспомнить устройство генераторовъ перемѣннаго тока. У нихъ также магнитное колесо находится внутри, а снаружи желѣзное колесо съ катушками. Въ это послѣднее проводится трехфазный перемѣнный токъ. Магнитное поле всего кольца становится «вращающимся полемъ», потому что трехфазные токи намагничиваютъ катушки съ періодической возрастающей силой. Вращающееся поле увлекаетъ за собою магнитное колесо, другими словами, оно вращается вмѣстѣ съ магнитнымъ полемъ. Эти моторы называются индукціонными моторами или асинхронными.

Моторами перемѣннаго тока считаются также моторы постояннаго тока съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ. Такой моторъ приходитъ во вращеніе отъ перемѣннаго тока [2]).

---

[1]) Цееманнъ, гл. 1-ая. Лехеръ, ук. м. Клодъ, гл. 16-ая.

[2]) Цееманнъ, гл. 2-ая. Грецъ, отд. 2, гл. 6-ая. Кокушинъ, гл. 31—34-ая. Клодъ, гл. 25-ая.

Умформеръ. Въ современной техникѣ, какъ уже было сказано выше, употребляется какъ перемѣнный токъ, такъ и прямой. Въ одномъ случаѣ удобнѣе пользоваться однимъ токомъ, въ другомъ случаѣ другимъ. Соотвѣтственно съ этимъ и моторы приготовляются двоякаго типа—и для перемѣннаго тока и для прямого. Но можетъ оказаться, напримѣръ, что въ лабораторіи имѣются моторы для прямого тока, между тѣмъ какъ съ городской электрической станціи можно получить только токъ перемѣнный, которымъ нельзя пустить въ ходъ эти моторы. Тогда необходимо перемѣнный токъ городской станціи превратить въ постоянный токъ. Наоборотъ, можетъ явиться необходимость превратить постоянный токъ въ перемѣнный. Для этой цѣли служитъ такъ называемый умформеръ.

Умформеръ есть динамомашина, соединенная съ моторомъ. Моторъ получаетъ отъ какого-либо генератора электрическій токъ, благодаря которому приходитъ въ движеніе. Придя въ движеніе, онъ уже извѣстнымъ намъ способомъ вызываетъ токъ въ динамомашинѣ.

Здѣсь возможны два случая:

1) на одной оси помѣщается моторъ перемѣннаго тока и динамо прямого или 2) моторъ прямого тока и динамо перемѣннаго.

Въ первомъ случаѣ моторъ приходитъ въ движеніе, благодаря перемѣнному току, и въ динамомашинѣ прямого тока возбуждаетъ прямой токъ, во второмъ случаѣ—наоборотъ [1]).

Московская городская электрическая станція даетъ перемѣнный токъ. Аккумуляторы же заряжаются только прямымъ токомъ. Поэтому городской токъ нужно превратить въ прямой. Для этой цѣли въ Психологическомъ Институтѣ имѣется умформеръ съ моторомъ перемѣннаго тока и съ динамомашиной прямого. (См. рис. 167 и 167а).

Аккумуляторы и ихъ зарядка. Въ качествѣ источника электрической энергіи, кромѣ вышеуказанныхъ элементовъ, употребляются еще такъ наз. аккумуляторы, или вторичные элементы. Они отличаются большимъ постоянствомъ электродвижущей силы и потому весьма употребительны въ лабораторной практикѣ. Называются они аккумуляторами (отъ accumulo—накопляю), потому что они накопля-

---

[1]) Грецъ, отд. 2, гл. 4-ая. Тамъ же можно найти указанія относительно превращенія перемѣннаго и трехфазнаго тока въ прямой безъ помощи вращающихся машинъ, а именно, при помощи свойствъ „алюминіева анода“. Цеемани, гл. 4-ая.

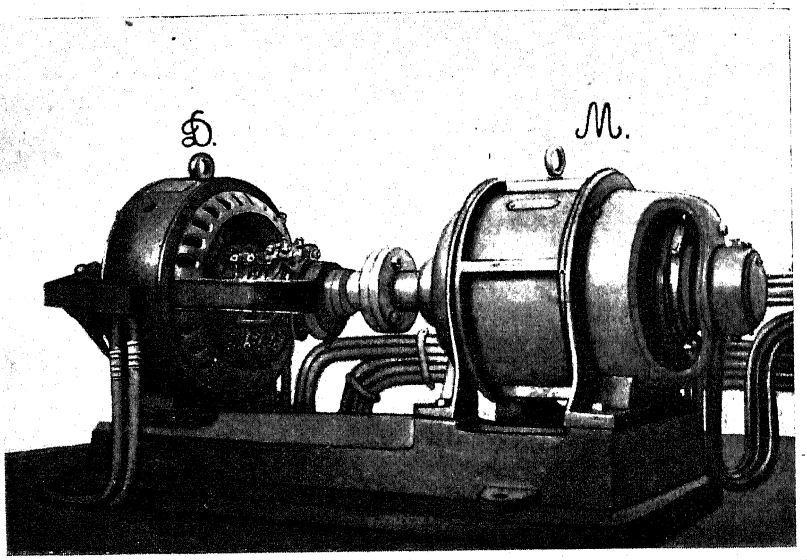


Рис. 167. Умформеръ въ Психологическомъ Институтѣ.

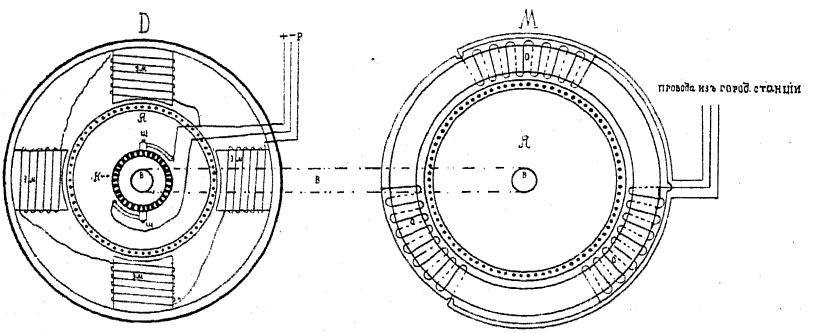


Рис. 167а.

Схема умформера [1]). *М* — моторъ. *Д* — четырехполюсный динамо. *Я*—якорь динамо. *Эм.*—электромагниты. *О*—обмотка мотора. *К*—коллекторъ. *Щ*—щетки. *В*—соединительный валъ.

---

[1]) Схема начерчена механикомъ Психологическаго Института Ф. Ф. Орловымъ.

ютъ электрическую энергію, которую потомъ можно расходовать по мѣрѣ надобности. Способность накопленія электрической энергіи основана на слѣдующемъ. Если пропустить электрическій токъ черезъ воду, то она, какъ извѣстно, разлагается на водородъ и кислородъ. Если затѣмъ водородъ и кислородъ, соединяясь въ аккумуляторѣ, даютъ воду, то вслѣдствіе этого получается электрическій токъ.

Беремъ двѣ свинцовыя пластинки, погружаемъ ихъ въ сосудъ съ водой, разбавленной сѣрной кислотой, и затѣмъ начинаемъ пропускать черезъ эти пластинки токъ отъ какого-нибудь источника, напр., отъ динамо машины. На электродѣ, соединенномъ съ отрицательнымъ зажимомъ (т.-е. на отрицательной свинцовой пластинкѣ), начинаетъ выдѣляться водородъ, на электродѣ же, соединенномъ съ положительнымъ зажимомъ, начинаетъ выдѣляться кислородъ. Если послѣ этого выключить динамомашину, а пластинки соединить какимъ-нибудь проводникомъ, то начинается соединеніе водорода съ кислородомъ, образуется вода, и въ это время по соединительному проводу пройдетъ токъ, обратный току заряженія.

Процессъ разложенія подкисленной воды называется *заряженіемъ* аккумулятора, самый токъ называется зарядным токомъ. Процессъ образованія воды называется *разряженіемъ* аккумулятора, и токъ разряженія называется разряднымъ.

Каждый аккумуляторъ строится для опредѣленной силы тока такимъ образомъ, что онъ въ продолженіе опредѣленнаго времени даетъ токъ опредѣленной силы. Произведеніе изъ времени на силу тока называется *емкостью* аккумулятора. Если мы говоримъ, что аккумуляторъ имѣетъ 20 часовъ емкости, то это значитъ, что мы можемъ въ теченіе 10 часовъ получать токъ въ 2 ампера, или въ теченіе 20 часовъ токъ въ 1 амперъ. Такъ какъ аккумуляторъ всегда разсчитанъ на извѣстную силу тока, то не слѣдуетъ брать токъ большей силы, потому что это можетъ привести къ разрушенію аккумулятора. Такъ, въ предыдущемъ примѣрѣ, если бы мы захотѣли взять токъ въ 20 амперовъ въ теченіе одного часа, руководясь тѣмъ понятіемъ емкости, которое только что было приведено, то мы разрушили бы аккумуляторъ. При большой силѣ тока пластинки коробятся и соприкасаются другъ съ другомъ.

При пользованіи аккумуляторами ихъ электродвижущая сила понижается. Это пониженіе можетъ доходить только до извѣстнаго предѣла. Такъ, если аккумуляторъ въ 2 вольта спустится до 1,8 вольта, то его нужно вновь зарядить.

Для зарядки одного аккумулятора или цѣлой аккумуляторной батареи нужно соединить полюсы заряжающаго источника, напр., динамомашины, съ одноименными полюсами аккумулятора или аккумуляторной батареи. Заряжать можно только токомъ извѣстной силы. Такъ, если нужно зарядить аккумуляторную батарею, то напряженіе тока заряжающаго источника должно быть взято въ такомъ разсчетѣ, чтобы приходилось по 2,5 вольта на каждый послѣдовательно включенный аккумуляторъ. Если отъ заряжающаго источника получается токъ большаго напряженія, чѣмъ слѣдуетъ, то нужно уменьшить напряженіе при помощи реостата. Если же, наоборотъ, заряжающій источникъ имѣетъ меньшее напряженіе, то нужно аккумуляторную батарею раздѣлить на группы и заряжать каждую въ отдѣльности.

Зарядка продолжается до тѣхъ поръ, пока жидкость не начнетъ, какъ въ этомъ случаѣ принято выражаться, «кипѣть», т.-е. не начинаютъ выдѣляться пузырьки газа, какъ знакъ того, что водородъ и кислородъ уже не осаждаются на пластинки, а улетаютъ въ воздухъ, т.-е., другими словами, на пластинки уже осадилось достаточное количество водорода и кислорода.

Кромѣ того, во время зарядки наблюдаютъ за тѣмъ, чтобы сила тока не превышала извѣстнаго предѣла. Для этого въ цѣпь включаютъ амперметръ и слѣдятъ за тѣмъ, чтобы токъ не превышалъ одного ампера на килограммъ вѣса электродовъ.

Есть пріемъ, при помощи котораго можно опредѣлять заряженность аккумулятора. Для этого опускаютъ въ электролитъ, т.-е. въ жидкость аккумулятора, ареометръ Бомэ. Въ незаряженномъ аккумуляторѣ онъ опускается на 20 градусовъ. Если же аккумуляторъ заряженъ, то такъ какъ плотность жидкости увеличивается, ареометръ показываетъ, напр., 18 градусовъ. Такъ какъ аккумуляторы строятся различно, то обыкновенно на нихъ указано, при какой степени плотности электролита аккумуляторъ заряженъ и не заряженъ [1]).

---

[1]) Объ аккумуляторахъ см. Цееманнъ, гл. 3-ья. Клодъ, гл. 11-ая. Кокушинъ, гл. 26-ая и 27-ая. Отд. 2, гл. 3-ья.

ПРИЛОЖЕНІЕ II.

Распредѣленіе электрической энергіи въ психологической лабораторіи.

Большинство приборовъ, употребляемыхъ въ психологическихъ экспериментахъ, приводится въ дѣйствіе электричествомъ. Обыкновенно для этой цѣли пользуются аккумуляторами, которые приносятся въ комнату, гдѣ имѣется нужда въ электрической силѣ, и соединяются съ соотвѣтствующими приборами.

Но при необходимости имѣть большое количество аккумуляторовъ возникаетъ неудобство при переноскѣ ихъ изъ однѣхъ комнатъ въ другія для зарядки, для соединенія съ другими аппаратами. Кромѣ того, испаренія аккумуляторовъ оказываютъ вредное дѣйствіе на приборы. Далѣе, если намъ почему-либо нужно соединить двѣ комнаты, напр., для электрической сигнализаціи и т. п., то приходится протягивать провода по коридорамъ, что отнимаетъ много времени и связано съ излишними затратами.

Всѣхъ этихъ неудобствъ можно избѣжать при правильномъ распредѣленіи электрической энергіи, которое достигается при помощи такъ наз. распредѣлительной доски. Устройство такой доски чрезвычайно просто и доступно даже для самой маленькой лабораторіи.

Мы рекомендуемъ ту систему, которая принята въ Психологическомъ институтѣ при Московскомъ Университетѣ [1]). Ознакомленіе съ устройствомъ распредѣлительной доски тотчасъ убѣдитъ въ огромныхъ преимуществахъ пользованія ею.

Примѣненіе распредѣлительной доски для распредѣленія энергіи заключается въ слѣдующемъ. (См. рис. 168).

---

[1]) При устройствѣ ея мы руководились устройствомъ въ одномъ изъ американскихъ университетовъ, именно въ Leland Stanford University въ Калифорніи, по описанію, имѣющемуся въ American Journal of Psychology. 1906.

Въ какой нибудь отдѣльной комнатѣ, лучше всего въ полуподвальномъ этажѣ, помѣщается рядъ аккумуляторовъ, которые прочно установлены на постоянномъ мѣстѣ (на рис. 168 изображено 14 аккумуляторовъ). Эти аккумуляторы раздѣлены на группы, при чемъ въ каждой группѣ мы имѣемъ послѣдовательное соединеніе. Первая группа (акк. 1 и 2) даетъ токъ въ 2 вольта; вторая группа (акк. 12, 13 и 14)—токъ въ 4 вольта; третья группа (акк. 8, 9, 10 и 11)—токъ въ 6 вольтъ; и, наконецъ, четвертая группа (акк. 3, 4, 5, 6 и 7) даетъ токъ въ 8 вольтъ.

Отъ каждой группы аккумуляторовъ идутъ провода (x—положительный полюсъ, z—отрицательный) къ главной распредѣлительной доскѣ B, находящейся въ другой комнатѣ. Ее слѣдуетъ помѣстить въ такомъ мѣстѣ, чтобы доступъ къ ней былъ одинаково удобенъ для всѣхъ участниковъ занятій лабораторіи. Это лучше всего достигается въ томъ случаѣ, если ее помѣстить въ коридорѣ или на площадкѣ лѣстницы (см. рис. 168*a* и 168*b*). На этой доскѣ, сдѣланной изъ мрамора, мы имѣемъ 4 горизонтальныхъ ряда клеммъ, соотвѣтственно числу группъ аккумуляторовъ. Въ каждомъ ряду 11 паръ клеммъ. Каждая клемма представляетъ отверстіе, въ которое вставляется штепсель. Нижній рядъ клеммъ соединенъ съ первой группой аккумуляторовъ (1—2) посредствомъ рубильника r_4; отъ этой группы мы можемъ получить одиннадцать токовъ въ 2 вольта. Второй рядъ (считая снизу) соединенъ со второй группой аккумуляторовъ (12—14) посредствомъ рубильника r_1 и дастъ возможность имѣть 11 токовъ въ 4 вольта. Третій рядъ соединенъ съ третьей группой элементовъ рубильникомъ r_2 и даетъ 11 токовъ въ 6 вольтъ. Наконецъ, верхній рядъ посредствомъ рубильника r_3 соединенъ съ четвертой группой (3—7) и даетъ 11 токовъ въ 8 вольтъ.

Кромѣ того, на особой черной доскѣ мы имѣемъ 8 паръ клеммъ, дающихъ возможность получить токи въ 30, 60 и 120 вольтъ. Клеммы этой доски непосредственно соединены съ цѣпью городского тока черезъ посредство выключателя a.

Въ нижней части доски мы имѣемъ шесть вертикальныхъ рядовъ клеммъ по числу комнатъ, которыми располагаетъ лабораторія. Въ каждомъ ряду мы имѣемъ 7 паръ клеммъ. Въ каждой изъ комнатъ лабораторіи находится такая же малая доска (на чертежѣ изображена только одна комната № 5).

Доска каждой комнаты соединена съ соотвѣтствующимъ ей рядомъ клеммъ на большой распредѣлительной доскѣ четырнадцатью проводами (семь положительныхъ и семь отрицательныхъ). Чтобы не усложнять рисунка, мы изобразили

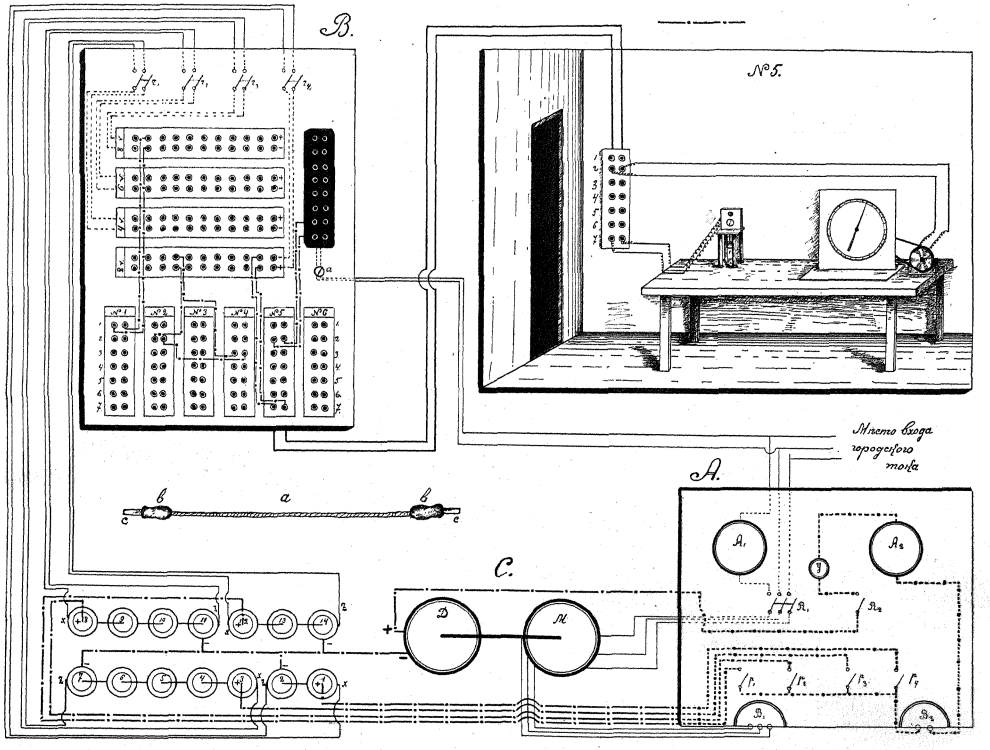


Рис. 168. Распредѣленіе электрической энергіи въ лабораторіи Московскаго Психологическаго Института.
B.—Главная распредѣлительная доска. *A*—распредѣлительная доска въ баттарейной комнатѣ. *C*—умформеръ.

эти четырнадцать проводовъ въ видѣ двухъ толстыхъ линій, изъ которыхъ одна изображаетъ семь положительныхъ, другая—семь отрицательныхъ проводовъ.

Такимъ образомъ, каждая пара клеммъ комнатной доски соединена съ соотвѣтствующей ей парой клеммъ на большой распредѣлительной доскѣ.

Покажемъ, какъ нужно пользоваться распредѣлительной доской. Положимъ, намъ нужно провести въ комнату № 5, въ 7-ую клемму, токъ въ 2 вольта для хроноскопа. Мы на главной распредѣлительной доскѣ соединяемъ седьмую пару клеммъ ряда, соотвѣтствующаго 5-ой комнатѣ, съ какой-нибудь изъ одиннадцати паръ клеммъ нижняго горизонтальнаго ряда, дающаго токъ въ 2 вольта. Это соединеніе производится при помощи особаго рода штепселей, изъ которыхъ одинъ изображенъ на чертежѣ (*b*—деревянная ручка, *c*—металлическое остріе, втыкаемое въ клемму, *a*—проводъ). Но если намъ, напр., для мотора компликаціоннаго аппарата необходимо провести въ комнату № 5 токъ въ 120 вольтъ, то мы беремъ его съ черной доски. Такимъ же образомъ, если въ комнатѣ № 1, въ первой парѣ клеммъ, необходимъ токъ въ 8 вольтъ, мы соединяемъ первую пару клеммъ ряда, соотвѣтствующаго первой комнатѣ, съ какой-либо парой клеммъ верхняго горизонтальнаго ряда, дающаго токи лишь въ 8 вольтъ.

Если намъ нужно получить токъ въ 10, 12, 14, 20 вольтъ и т. п., то клеммы, дающія токъ въ 2, 4, 6 и 8 вольтъ, соединяются соотвѣтствующимъ образомъ послѣдовательно. Вводя реостатъ, мы можемъ получить токъ любого напряженія до дробныхъ частей вольта.

Положимъ, далѣе, намъ необходимо соединить электрическими проводами двѣ комнаты. Это бываетъ необходимо для различныхъ цѣлей. Напр., когда нужно приводить въ движеніе и останавливать движеніе какого-либо прерывателя, находящагося въ другой комнатѣ; или, напр., нужно, чтобы экспериментаторъ съ хроноскопомъ находился въ одной комнатѣ, а испытуемый съ реакціоннымъ ключемъ находился въ другой комнатѣ. Въ послѣднемъ случаѣ мы можемъ поступить слѣдующимъ образомъ. Помѣстимъ хроноскопъ въ комнатѣ № 2, а реакціонный ключъ въ комнатѣ № 4. Вмѣсто того, чтобы соединять хроноскопъ съ ключомъ при помощи особыхъ проводовъ, протягивая ихъ по коридору, достаточно устроить соединеніе на большой распредѣлительной доскѣ, какъ показано на рисункѣ. Тогда замыканіемъ ключа стрѣлки хроноскопа приводятся въ движеніе, размыканіемъ ключа—останавливаются и т. п.

Такимъ образомъ, благодаря распредѣлительной доскѣ, мы можемъ въ каждой комнатѣ имѣть одновременно восемь токовъ любого напряженія, начиная отъ дробныхъ частей вольта и кончая 120 вольтами.

При пользованіи вышеуказанными приспособленіями надо соблюдать нѣкоторыя предосторожности. При соединеніяхъ на большой распредѣлительной доскѣ прежде всего надо вставлять штепселя въ клеммы, соединенныя съ комнатными до-

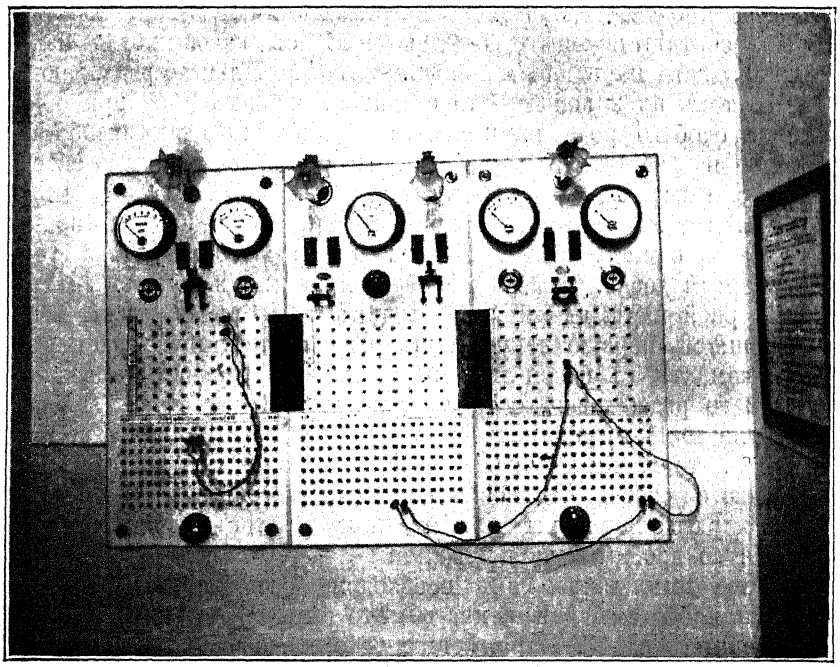


Рис. 168*а*. Главная распредѣлительная доска Московскаго Психологическаго Института.

сками (вертикальные ряды клеммъ въ нижней части распредѣлительной доски). Затѣмъ свободные концы этихъ штепселей вставляютъ въ клеммы, соединенныя съ аккумуляторами (горизонтальные ряды клеммъ), послѣ этого замыкаютъ соотвѣтствующій рубильникъ. Если поступать наоборотъ, т.-е. сперва замкнуть рубильникъ, затѣмъ вставить провода въ клеммы, ведущія къ элементамъ, а затѣмъ вставлять свободные концы штепселей въ клеммы, ведущія къ комнатамъ, то легко можетъ случиться, что эти

свободные концы штепселей придутъ въ соприкосновеніе другъ съ другомъ, и произойдетъ короткое замыканіе. Послѣ соединенія на большой распредѣлительной доскѣ, придя въ комнату, необходимо прежде всего устроить соединенія у аппарата, а затѣмъ уже вставить свободные концы проводовъ въ

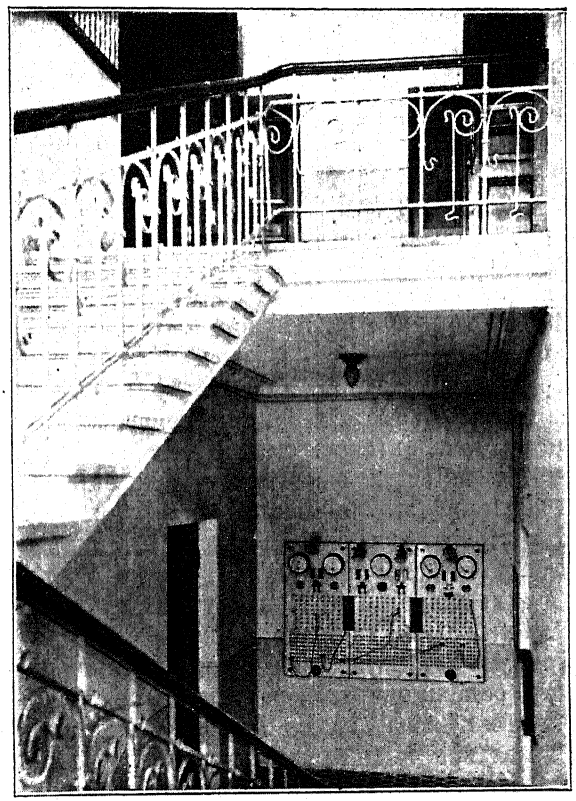


Рис. 168*b*.

соотвѣтствующія клеммы комнатной доски. Кромѣ того, слѣдуетъ слѣдить за тѣмъ, чтобы токъ высокаго напряженія не былъ пущенъ случайно въ аппаратъ, приспособленный къ токамъ малаго напряженія. Если мы, напр., токъ въ 120 вольтъ пустимъ въ хроноскопъ, то магниты послѣдняго моментально перегорятъ.

Аккумуляторы, дающіе энергію для всей лабораторіи, очень быстро разряжаются. Поэтому ихъ надо отъ времени до времени заряжать. Зарядка производится постояннымъ токомъ, вырабатываемымъ динамомашиной C, которая приводится въ дѣйствіе перемѣннымъ токомъ городской электрической станціи.

Для зарядки аккумуляторовъ необходимо пустить въ ходъ моторъ трехфазнаго тока M, что достигается замыканіемъ рубильника R_1 (см. другую распредѣлительную доску A). Динамомашина C и распредѣлительная доска A находятся въ той же комнатѣ, гдѣ и аккумуляторы, но отдѣлены отъ нихъ стеклянной перегородкой. Отдѣлять аккумуляторы отъ динамомашины необходимо потому, что во время зарядки отъ нихъ выдѣляются газы, которые, осаждаясь на динамо, могли бы испортить части этой послѣдней.

На одной оси съ моторомъ M находится динамо D, которая при дѣйствіи мотора вырабатываетъ постоянный токъ, необходимый для зарядки аккумуляторовъ. Динамо вмѣстѣ съ моторомъ называется умформеромъ (см. выше стр. 267). Чтобы зарядить аккумуляторы, нужно прежде всего замкнуть рубильникъ R_2, а затѣмъ при помощи рубильниковъ p_1, p_2, p_3, p_4 пустить токъ въ аккумуляторы. Не всѣ группы аккумуляторовъ требуютъ одинаково частаго заряженія. Тѣ, которыя работаютъ больше (это, обыкновенно, группы, дающія 2 и 4 вольта), и заряжаются чаще. Поэтому нѣтъ надобности заряжать всегда всѣ группы вмѣстѣ, можно заряжать ихъ и въ отдѣльности; для этой цѣли и служатъ рубильники p_1, p_2, p_3, p_4. Если мы хотимъ зарядить только одну первую группу, дающую токъ въ 2 вольта, намъ нужно замкнуть только рубильникъ p_4, оставивъ другіе разомкнутыми. Тогда токъ отъ положительнаго полюса динамо D черезъ рубильникъ R_2, указатель направленія тока [1]), амперметръ A_2, реостатъ B_2, рубильникъ p_4 идетъ къ положительному полюсу элемента № 1, оттуда въ элементъ № 2, и изъ отрицательнаго полюса элемента № 2 обратно въ динамо.

Если мы хотимъ заряжать какую-нибудь другую группу, необходимо замкнуть соотвѣтствующій рубильникъ, оставивъ другіе разомкнутыми.

Можно заряжать сразу всѣ четыре группы, замкнувъ всѣ четыре рубильника.

---

[1]) Указатель y показываетъ направленіе тока — „въ элементы“ или „изъ элементовъ“.

Настоящій очеркъ имѣетъ цѣлью указать только принципъ электрическаго оборудованія психологической лабораторіи. Болѣе подробное описаніе распредѣленія электрической энергіи въ Психологическомъ институтѣ съ приложеніемъ подробныхъ чертежей, описаніе, могущее служить руководствомъ къ устройству электрическаго оборудованія, появится въ ближайшихъ номерахъ журнала «Психологическое Обозрѣніе».

Въ слѣдующемъ приложеніи мы даемъ таблицы, перепечатанныя нами изъ сочиненія Леонтовича (Элементарное пособіе къ примѣненію методовъ Гаусса и Персона 1911 г., стр. 70—72) квадратовъ чиселъ отъ 10 до 99 и корней чиселъ отъ 0,1 до 100. Онѣ могутъ быть полезны практиканту при вычисленіи суммы квадратовъ ошибокъ и квадратической ошибки. Въ таблицѣ IV представлены численныя значенія дроби $\frac{0{\cdot}6745}{\sqrt{n-1}}$ для вычисленія вѣроятной ошибки. Мы въ главѣ V для вѣроятной ошибки получили дробь $\frac{0{\cdot}6745}{\sqrt{n}}$, но при маломъ числѣ измѣреній слѣдуетъ употреблять дробь $\frac{0{\cdot}6745}{\sqrt{n-1}}$, и потому при вычисленіи вѣроятной ошибки практикантъ можетъ пользоваться таблицей IV.

ПРИЛОЖЕНІЕ. III.

Таблица I.

Квадратовъ чиселъ отъ 10 до 99.

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	100	121	144	169	196	225	256	289	324	361
20	400	441	484	529	576	625	676	729	784	841
30	900	961	1024	1089	1156	1225	1296	1369	1444	1521
40	1600	1681	1764	1849	1936	2025	2116	2209	2304	2401
50	2500	2601	2704	2809	2916	3025	3136	3249	3364	3481
60	3600	3721	3844	3969	4096	4225	4356	4489	4624	4761
70	4900	5041	5184	5329	5476	5625	5776	5929	6084	6241
80	6400	6561	6724	6889	7056	7225	7396	7569	7744	7921
90	8100	8281	8464	8649	8836	9025	9216	9409	9604	9801

Таблица II.

Корней квадратныхъ чиселъ отъ 0·1 до 9·9.

n	0·0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9
0		0·316	0·447	0·548	0·632	0·707	0·775	0·837	0·894	0·949
1	1	1·049	1·095	1·140	1·183	1·225	1·265	1·304	1·342	1·378
2	1·414	1·449	1·483	1·517	1·549	1.581	1·612	1.643	1·673	1·703
3	1·732	1·761	1·789	1·817	1·844	1·871	1·897	1·924	1·949	1·975
4	2	2·025	2·049	2·074	2·098	2·121	2·145	2·168	2·191	2·214
5	2·236	2·258	2·280	2·302	2·324	2·345	2·366	2·387	2·408	2·429
6	2·449	2·470	2·490	2·510	2.530	2·550	2·569	2·588	2·608	2·627
7	2·646	2·665	2·683	2·702	2·720	2·739	2·757	2·775	2·793	2·811
8	2·828	2·846	2·864	2·881	2·898	2·915	2·933	2·950	2.966	2·983
9	3	3·017	3·033	3·050	3·066	3·082	3·098	3·114	3·130	3·146

Таблица III.

Корней квадратныхъ чиселъ отъ 10 до 100.

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	3·162	3·317	3·464	3·606	3·742	3·873	4	4·123	4·243	4·359
20	4·472	4·583	4.690	4·796	4.899	5	5·099	5·196	5·292	5·385
30	5·477	5·568	5·657	5·745	5.831	5·916	6	6.083	6.164	6·245
40	6·325	6·403	6·481	6·557	6·633	6·708	6·782	6·856	6·928	7
50	7·071	7·141	7·211	7·280	7·348	7·416	7·483	7·550	7·616	7·681
60	7·746	7·810	7·874	7·937	8	8·062	8·124	8·185	8·246	8·307
70	8·367	8·426	8·485	8·544	8·602	8·660	8·718	8·775	8·832	8·888
80	8·944	9	9·055	9·110	9·165	9·220	9·274	9·327	9·381	9·434
90	9.487	9·539	9·592	9·644	9·695	9·747	9·798	9·849	9·899	9·950

Таблица IV.

Численныхъ значеній дроби $\frac{0{\cdot}6745}{\sqrt{n-1}}$ (для вычисленія ε_w).

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	0·6745	0·4769	0·3894	0·3372	0·3016	0·2754	0·2549	0·2385
10	0·2248	0·2133	2029	1947	1871	1803	1742	1686	1636	1590
20	1547	1508	1472	1438	1406	1377	1349	1323	1298	1275
30	1252	1231	1211	1192	1174	1157	1140	1124	1109	1094
40	1080	1066	1053	1041	1029	1017	1005	0994	0984	0974
50	0·0964	0·0954	0·0944	0·0935	0·0926	0·0918	0·0909	0·0901	0·0893	0·0886
60	0878	0871	0864	0857	0850	0843	0837	0830	0824	0818
70	0812	0806	0800	0795	0789	0784	0778	0773	0768	0763
80	0759	0754	0749	0745	0740	0736	0731	0727	0723	0719
90	0713	0711	0707	0703	0699	0696	0692	0688	0685	0681

Перечень задачъ.

Задачи.	*Стр.*
1. Графическое изображеніе координатъ	5— 6
2. Графическое изображеніе функціи	7
3. Графика по методу прямоугольниковъ и трапецій	8
4. Графика по методу прямоугольниковъ	9—10
5. Графика по методу прямоугольниковъ и трапецій	10—11
7. Смѣшеніе цвѣтовъ при помощи зеркальнаго стекла	58
8. Уравненіе свѣтлоты	60
9. Первый законъ смѣшенія цвѣтовъ	61
10. Второй законъ смѣшенія цвѣтовъ	62
11. Третій законъ смѣшенія цвѣтовъ	62
12. Опредѣленіе чувствительности боковыхъ частей сѣтчатки къ различнымъ цвѣтамъ	63
13. Послѣдовательныя отрицательныя изображенія	78
14. Послѣдовательныя отрицательныя изображенія съ проицированіемъ на различныя плоскости	79
15. Измѣрить контрастъ	79
16. Опыты Рагона Шина. Опытъ Майера	79
17. Опытъ Рагона Шина, видоизмѣненный Герингомъ	79
18. Опытъ Геринга съ бинокулярнымъ контрастомъ	79
18а. Опытъ Геринга съ двоякопреломляющей призмой	79
19. Опредѣленіе высшаго предѣла слышимости звука	91
20. Резонаторы и ихъ употребленіе	93
21. Дифференціальные и суммаціонные тоны	93
22. Бинауральное слышаніе высоты тоновъ	94
23. Выслушиваніе тембра	94
24. Біенія	94
25. Опытъ Шейнера	106
26. Опытъ съ тюлемъ	106—7
27. Изображеніе поля зрѣнія	107
28. Нахожденіе слѣпого пятна	107
29. Получить двойственныя изображенія	123
30. Ознакомиться со свойствами призмы	123
31. Опытъ Геринга для доказательства теоріи тождественныхъ направленій	123

Задачи. *Стр.*

32. Опыты со стереоскопомъ Брьюстера 123
33. Опыты со стереоскопомъ Уитстона 123
34. Опыты съ Fallapparat'омъ Геринга 123
35. Ознакомиться съ устройствомъ реактивныхъ ключей 136
36. Ознакомиться съ устройствомъ губного ключа 136
37. Ознакомиться съ дѣйствіемъ коммутатора 136
38. Ознакомиться съ дѣйствіемъ реостата 136
39. Ознакомиться со считываніемъ съ хроноскопа 136
40. Ознакомиться съ механизмомъ хроноскопа 157
41. Произвести 10 экспериментовъ реакціи по первой схемѣ . . . 157
42. Произвести 10 экспериментовъ реакціи по второй схемѣ . . . 157
43. Произвести 10 экспериментовъ реакціи по третьей схемѣ . . . 157
44. Произвести 10 экспериментовъ реакціи по четвертой схемѣ . . 157
45. Провѣрить дѣйствіе хроноскопа: a) при помощи Fallapparat'a; b) при помощи контрольнаго молотка 157
46. Опредѣлить время узнаванія 164
47. Опредѣлить время различенія двухъ, 4-хъ и больше впечатлѣній 164
48. Опредѣлить время выбора между двумя и 10 движеніями . . 164
49. Опредѣлить время свободной и несвободной ассоціаціи 164
50. Опредѣлить время сужденія 164
51. Произвести нѣсколько опытовъ простой реакціи на психодометрѣ 176
52. Ознакомиться съ дѣйствіемъ самодѣйствующаго камертона . . 176
53. Ознакомиться съ устройствомъ кимографа 176
54. Ознакомиться съ дѣйствіемъ секуднаго маятника 176
55. Измѣрить время реакціи при помощи кимографа 176
56. Провѣрить хронографическимъ способомъ время паденія контрольнаго молотка или шарика Fallapparat'a 176
57. Получить сфигмограмму при нормальныхъ условіяхъ 185
58. Получить пнеймограмму при нормальныхъ условіяхъ 185
59. Получить объемную кривую при нормальныхъ условіяхъ . . 185
60. Получить эргограмму 185
61. Получить сфигмограмму, пнеймограмму и объемную кривую при спеціальныхъ условіяхъ 185
62. Составить безсмысленные слоги 200
63. Произвести измѣреніе памяти по методу выучиванія 200
64. Произвести измѣреніе памяти по методу удачныхъ случаевъ . 200
65. Произвести измѣреніе памяти по методу размѣщенія 200
66. Произвести измѣреніе памяти по методу сохраненныхъ членовъ 200
67. Произвести опытъ по методу сбереженія спустя $1^1/_2$ часа послѣ изученія . . . . . 207—8
68. Измѣрить объемъ вниманія при помощи тахистоскопа . . . . 207—8
69. Произвести тахистоскопическія упражненія 208

Задачи. *Стр.*

70. Произвести эксперименты съ колебаніемъ вниманія и его регистраціей 208
71. Произвести опыты съ комплпкаціей 209
72. Найти разностный порогъ оцѣнки линій по методу минимальныхъ измѣненій . . . . . 220—1
73. Найти разностный порогъ по мет. мин. изм. въ области слуховыхъ ощущеній 221
74. Найти разностный порогъ при оцѣнкѣ тяжестей по мет. мин. измѣненій . . . . . 221—2
75. Найти по мет. мин. изм. абсолютный порогъ для пространственнаго чувства кожи 223
76. Найти по мет. мин. изм. разностный порогъ для цвѣтового ощущенія 223
77. Произвести на глазомѣрномъ аппаратѣ эксперименты по мет. среднихъ ошибокъ . . . . . 229—30
78. Произвести по методу средн. ош. опыты съ цвѣтовыми ощущеніями 230
79. Опредѣленіе пространственнаго порога по методу пост. раздраж. въ области кожныхъ ощущеній 236
80. Опредѣленіе пороговъ по методу пост. раздраж. въ области глазомѣра 238
81. Опредѣленіе пороговъ по методу пост. раздраж. въ области звуковыхъ ощущеній 238
82. Опредѣленіе пороговъ по методу пост. раздраж. для ощущеній тяжести 238
83. Нахожденіе средняго сѣраго ощущенія 246
84. Нахожденіе средняго между двумя ощущеніями тяжести . . . 246
85. Нахожденіе средняго между двумя ощущеніями звука 246

Чертежи и рисунки.

Стр.

1. Система координатъ 2
2. Графическое изображеніе функціональной зависимости . . . 3
3. Изображеніе кривой восходящей и нисходящей 4
4. Графика измѣненія температуры 5
5. Графика отрицательныхъ значеній 5
6. Кривая частоты 6
7. Кривая частоты 7
8. Кривая частоты ошибокъ 8
9. Кривая частоты ошибокъ 8
10. Графика по методу прямоугольниковъ 9
11. Графика по методу прямоугольниковъ 9
12. Графика по методу прямоугольниковъ и трапецій 9
13. Графика по методу прямоугольниковъ 10
14. Графика по методу прямоугольниковъ 10
15. Графика по методу прямоугольниковъ и трапецій 11
16. Графика нормальной кривой 19
17. Графика частоты ошибокъ 22
18. Графика частоты ошибокъ 23
19. Графика частоты ошибокъ 23
20. Графика ассиметрической кривой ошибокъ 31
21. Графика ассиметрической кривой ошибокъ 31
22. Изображеніе площади вѣроятной ошибки 43
23. Изображеніе двухъ кривыхъ распредѣленія ошибокъ 44
24. Схема распредѣленія ахроматическихъ цвѣтовъ 51
25—26. Схема распредѣленія хроматическихъ цвѣтовъ 52
27. Отклоненіе лучей при прохожденіи черезъ призму 54
28—29. Цвѣтовой треугольникъ . . . . . 56—57
30. Аппаратъ для смѣшенія цвѣтовъ при помощи зеркальнаго стекла 58
31. Вертушка, приводимая въ движеніе рукой 58
31a. Вертушка съ часовымъ механизмомъ 59
31b. Вертушка съ электрическимъ моторомъ 59
32. Схема, показывающая, какъ надо соединять цвѣтные кружки для смѣшенія цвѣтовъ . . . . . 60—61
33. Уравненіе свѣтлоты 61

Стр.

34a. Первый законъ смѣшенія цвѣтовъ 61
34b. Второй (3) и третій (4) законы смѣшенія цвѣтовъ 62
35. Периметръ 63
36. Изображеніе чувствительности боковыхъ частей сѣтчатки къ различнымъ цвѣтамъ 64
37. Уравненіе контраста 66
38. Цвѣтныя тѣни 67
39. Аппаратъ Рагона Шина 67
40. Ходъ лучей въ аппаратѣ Рагона Шина 68
41. Контрастъ сѣрыхъ полосокъ на черномъ и бѣломъ полѣ . . 69
42. Аппаратъ Рагона Шина, видоизмѣненный Герингомъ 74
43. Схема аппарата Геринга для смѣшенія при помощи цвѣтныхъ стеколъ 75
44. Аппаратъ Геринга для бинокулярнаго контраста 77
45. Ходъ лучей въ двояко-преломляющей призмѣ 77
46. Аппаратъ для смѣшенія цвѣтовъ при помощи двояко-преломляющей призмы 77
47. Аппаратъ для полученія послѣдовательныхъ контрастовъ . . 77
48. Камертонъ, приспособленный для полученія біеній 87
49. Совпаденіе волнъ при біеніи 88
50. Камертонъ съ резонаторомъ 91
51. Свистокъ Гальтона 92
52. Обертонный аппаратъ 93
53. Дихордъ 94
54. Схема аккомодаціи 96
55. Схема круговъ свѣторазсѣянія 97
56. Глазъ 98
57. Схема опыта Шейнера 100
58. Схема опыта Шейнера 101
59. Рисунки для опытовъ со слѣпымъ пятномъ 102
60. Схема опытовъ со слѣпымъ пятномъ 102
61 (a, b, c, d). Рисунокъ для опытовъ со слѣпымъ пятномъ . . . 103—4
62. Мускулы глаза 104
63. Офтальмотропъ 105
64. Схема движенія глаза 106
65. Поле зрѣнія 107
66. Соотвѣтствующія точки 108
67. Схема полученія двойственныхъ изображеній 109
68. Стереоскопъ Брьюстера 110
69. Рисунокъ для стереоскопа 111
70 (a, b, c). Рисунки для стереоскопа 112
71. Стереоскопъ Уитстона 113
72. Ходъ лучей въ стереоскопѣ Уитстона 114
73. Измѣненіе величины изображенія въ стереоскопѣ Уитстона . 116
74. Схема тождественныхъ направленій 117

Стр.

75. Fallapparat Геринга 119
76. Усложненный Fallapparat Геринга 120
77. Отклоненіе изображеній призмами 121
78. Гальваническій элементъ 125
79. Ключъ для прерыванія и замыканія тока 126
80. Схемы различныхъ ключей 127
81. Губной ключъ 129
82. Простой коммутаторъ 130
83—84. Коммутаторъ Поля 132
85. Реостатъ 133
86—87. Схема различнымъ сопротивленій, получаемыхъ при помощи реостата 134
88. Хроноскопъ 134
89. Механизмъ хроноскопа сзади (послѣ удаленія магнитовъ) . . 138
90. Механизмъ хроноскопа сбоку 139
91. Схема дѣйствія пружинъ въ хроноскопѣ 140
92—93. Схемы дѣйствія электромагнитовъ . . . . . 141—2
94. Первая схема пользованія хроноскопа 143
95. Fallapparat Hipp'a 144
96. Вторая схема пользованія хроноскопомъ 145
97, 97а. Экспозпціонный аппаратъ Мюллера . . . . . 146—7
98. Звуковой размыкатель Ремера 148
99. Схема электрическаго звонка 149
Схемы побочнаго тока . . . . . .
100. Третья схема пользованія хроноскопомъ 153
101. Четвертая схема пользованія хроноскопомъ 153
102—102а. Схема пользованія контрольнымъ молоткомъ . . . . . 154—5
103. Схема измѣренія времени сложной реакціи 162
104. Психодометръ 165
105. Кривая, полученная на психодометрѣ 166
106. Способъ измѣренія волны 167
107. Электрическій отмѣтчикъ 168
108. Кривая отмѣтчика 168
109. Кимографъ 169
110. Самодѣйствующій камертонъ 170
111. Способъ отсчитыванія времени на кривой камертона 171
112. Метрономъ 171
113. Схема пользованія метрономомъ въ качествѣ секуднаго прерывателя 172
114. Способъ отсчитыванія секундъ на кривой секуднаго прерывателя 173
115. Одна секунда, отмѣченная на кимографѣ при различныхъ скоростяхъ 173
116. Хронографъ Жакэ 174
117. Отмѣчаніе времени хронографомъ Жакэ 174

Стр.

118. Схема хронографическаго измѣренія времени простой реакціи 175
119. Мареевскій барабанъ 177
120. Сфигмографъ Лемана 178
121. Сфигмографъ Марея 179
122. Сфигмограмма 179
123—124. Пнеймографъ 180
125. Пнеймограмма 181
126. Плетисмографъ 182
127. Плетсмограммы 182
128. Эргографъ Дюбуа 183
129. Эргограмма 183
130. Измѣрительное стекло 184
131. Аппаратъ Мюллера 188
132. Аппаратъ Раншбурга 189
133. Видъ аппарата Раншбурга съ внутренней стороны 189
134. Кружокъ со слогами для аппарата Раншбурга 190
135. Механизмъ аппарата Раншбурга 190
136. Схема пользованія метрономомъ при аппаратѣ Раншбурга . 192—3
137. Механизмъ аппарата Вирта 192
138. Аппаратъ Вирта 194
139. Слоговая таблица 197
140. Тахистоскопъ 203
141. Комплпкаціонный аппаратъ Руппа 206
142. Рисунокъ для тахистоскопическихъ изображеній 208
143. Метрономъ, приспособленный для опытовъ съ комплекаціей 209
144. Схема метода минимальныхъ измѣненій 216
145. Глазомѣрный аппаратъ 217
146. Звуковой маятникъ 221
147. Аппаратъ Галлуса-Руппа 222
148. Эстезіометръ Вебера 222
149a. Графика оцѣнокъ по методу постоянныхъ раздраженій . . . 235
149b. Графика оцѣнокъ по методу постоянныхъ раздраженій . . . 238
150a. Схема метода равныхъ интерваловъ 243
150b. Схема метода равныхъ интерваловъ 243
151. Амперметръ и вольтметръ 251
152. Схема включенія амперметра и вольтметра 252
153. Ящикъ сопротивленій 252
154. Разрѣзъ ящика сопротивленій 253
155. Схема послѣдовательнаго и параллельнаго соединеній . . . 254
156. Схема индуцированія тока 257
157. Схема индукціонной катушки 257
158. Схема индуцированія тока 258
159. Схема динамомашины 259

Стр.

160. Схема динамомашины прямого и перемѣннаго тока 260
161. Коллекторъ съ якоремъ 262
162. Послѣдовательное соединеніе динамомашины 262
163. Параллельное соединеніе динамомашины 263
164. Схема машинъ перемѣннаго тока . . . . . 264—5
165. Схема трехфазнаго тока 266
166. Схема двигателя прямого тока 267
167. Умформеръ 268
168. Схема распредѣлительной доски и пользованія ею . . . . .
168 (a и b). Видъ распредѣлительной доски Психологическаго Института . . . . . —

Указатель терминовъ и проч.

Абсолютный порогъ, 210, 239.
Автоматическій прерыватель тока, 191.
Аккомодація, 96, 119.
Аккордъ, 86.
Аккумуляторъ, 126, 269, 275; заряженіе, 270; разряженіе, 270; емкость, 270.
Альтернаторъ, 262.
Амперметръ, 251.
Амперъ, 249.
Анодъ, 248.
Антагонистическій цвѣтъ, 54, 65.
Аппараты, см. Приборы.
Ассиметрическая кривая, 31.
Ассинхронный двигатель, 268.
Ассоціативныя реакціи, 112, 164.
Ассоціація, 163, 164.
„ свободная, 163.
„ несвободная, 164.
Ахроматическій цвѣтъ, 51.

Барабанъ Марея, 177.
Батарея, 254.
Безсмысленные слоги, 186; ихъ составленіе, 195, 197.
Бинокулярное зрѣніе, 108.
Биноміальная кривая, 19, 30, 31.
Біеніе, 87, 94.
Боковое поле зрѣнія, 101.

Вертушка для смѣшенія цвѣтовъ, 58, 59.
Верхній разностный порогъ, 213, 214, 235.
Вниманіе, изслѣдованіе, 202, 208; объемъ вн. 202; измѣреніе объема вн. 202, 207; длительность вн. 204; колебаніе вн. 204, 208; перестановка вн. 207; приборы для изслѣдованія вн., см. Приборы.
Вольтметръ, 251.
Вольтъ, 249.
Восходящій рядъ, 215, 242.
Время воспроизведенія, 198.
Вѣроятная ошибка (w), 41, 227; ея графика, 43; распредѣленіе ошибокъ соотвѣтственно долямъ вѣроятной ошибки, 45, 48.

Гальваническій элементъ, 125, 248.
Гальванометръ, 251.
Гетеронимныя изображенія, 109.
Главная цѣпь, 151.
Глазомѣрный аппаратъ, 217, 220.
Глубина, 118.
Гомонимныя изображенія, 109.
Графическая регистрація движеній, 177, 185.
Графическое измѣреніе времени, 165, 176.
Графическое изображеніе функцій, 3.
Графическое изображеніе величинъ отрицательныхъ, 4.
Графическое изображеніе по методу трапеціи, 9, 10.
Графическое изображеніе по методу треугольника 8, 9.

Графическое изображеніе частоты или распредѣленія, 7.
Губной ключъ, 128.

Двигатель, 266.
„ синхронный, 268.
„ асинхронный, 268.
„ перемѣннаго тока, 268.
„ прямого тока, 267.
Двойственныя изображенія, 109.
Динамомашина, 256, 259, 260, 261.
Диспаратныя точки сѣтчатки, 110.
Диссонансъ, 89.
Дифференціальный тонъ, 88, 93.
Дихордъ, 94.
Дополнительный цвѣтъ, 54, 65.

Едва замѣтное ощущеніе, 210, 211; едва незамѣтное ощущеніе, 211; едва замѣтно большее ощущеніе, 213; едва замѣтно меньшее ощущеніе, 214.
Емкость аккумулятора, 270.

Законъ большихъ чиселъ, 15.
Замыканіе короткое, 253, 275.
Запоминанія коэффиціентъ, 198.
Зарядъ положительный и отрицательный, 248.
Заряженіе аккумулятора, 270.
Звуковой маятникъ, 221.
Звуковой размыкатель Ремера, 147.
Звукъ, 81.
Зрительный раздражитель Мюллера, 147.
Зрѣніе монокулярное, 96.
„ бинокулярное, 108.
Боковое поле зрѣнія, 101.
Боковое поле зрѣнія, 107.
Третье измѣреніе, 118.

Инверсоръ, 131.
Индукція электрическая, 256.
Индуцируемый цвѣтъ, 66.
Индуцирующій цвѣтъ, 65.
Изслѣдованіе вниманія, см. Вниманіе.
Изслѣдованіе глазомѣра, 217.
„ памяти, см. Память
Изслѣдованіе пространственнаго чувства кожи, 236.
Изслѣдованіе реакціи, см. Реакція.
Изслѣдованіе физіологич. выраженія душевн. движеній, 177, 180.
Измѣреніе времени, см. Хроноскопъ и Графич. измѣреніе вр.
Измѣреніе кривыхъ, 185.
„ объема вниманія, 202, 207.
„ сопротивленія, 252.
„ электричества, 248, 252.

Камертонъ самодѣйствующій, 169, 170.
Кардіографъ, 179.
Качества цвѣта, 50, 53.
Квадратичная ошибка, 34, 37.
Кимографъ, 169.
Ключи, см. Размыкатели.
Колебаніе вниманія, 204, 208.
Коллективный предметъ, 11.
Коллекторъ, 260.
Комбинаціонный тонъ, 88.
Коммутаторъ, 130.
„ Поля, 131.
Компликаціонный аппаратъ Руппа, 205, 206.
Компликація, 205, 209.
Конвергенція, 115, 119.
Консонансъ, 89.
Контактныя пружины, 259.
Контрастъ, 65, 69, 79.
Контрольный молотокъ, 55.
Координаты, 1, 2.
Короткое замыканіе, 253, 275.
Коэффиціентъ запоминанія, 198, 200.
„ узнаванія, 199.
Кривая ассиметрическая, 31.
„ биномиальная, 19, 30, 31.
Кривая вѣроятности ошибокъ, 18, 19, 22, 23.
Круги свѣторазсѣянія, 97.

Магнетизмъ остаточный, 130.
Машины перемѣннаго тока, 262.

Маятникъ звуковой, 221.
„ секундный, 171.
Медіана, 38.
Методы изслѣдованія памяти, 197, 220.
Методы выучиванія, 197.
„ помощи, 198.
„ размѣщенія, 199.
„ содержанія, 200.
„ тождественныхъ рядовъ, 199.
„ удачныхъ отвѣтовъ, 198.
„ удачныхъ случаевъ, 198.
„ удержанныхъ членовъ, 199.
„ узнаванія, 199.
Методъ наименьшихъ квадратовъ, 35.
Методы психофизическіе, 210, 249.
Методы вѣрныхъ и невѣрныхъ случаевъ, 231.
Методы минимальныхъ измѣненій, 211.
Методы постоянныхъ раздраженій, 231.
Методы предѣловъ, 211.
Методы равныхъ интерваловъ, 240.
Методы сверхзамѣтныхъ различій, 240.
Методы среднихъ градацій, 240.
Методы среднихъ ошибокъ, 224.
Метрономъ, 171.
Монокулярное зрѣніе, 96.
Мѣра точности, 24, 32, 36; среднее уклоненіе, 33, 37; квадратичная ошибка, 34, 37; средняя квадратичная ошибка измѣренія, 35, 37; средняя квадратн. ошибка отдѣльнаго измѣренія, 36, 37.

Наборъ тяжестей, 221.
Наиболѣе вѣроятное значеніе, 12, 32; среднее ариѳметическое, 32, 37; медіана, 38; наиболѣе частое значеніе, 38.
Напряженіе тока, 248.
Насыщенность цвѣта, 50, 53.
Несвободная ассоціація, 164.
Нейтральный цвѣтъ, 51.
Нисходящій рядъ, 215, 242.
Нижній разностный порогъ, 213, 214, 235.
Нормальная кривая, 19, 30, 31.
Нормальное раздраженіе, 210.

Обертонный аппаратъ, 93.
Обертонъ, 86, 90.
Объемъ вниманія, 202; его измѣреніе, 202, 207.
Октава, 82.
Октаэдръ цвѣтовой, 53.
Омъ, 249.
Опредѣленіе порога, см. Психофиз. методы.
Опыты съ компликаціей, 205.
Основной тонъ, 86.
Остаточный магнетизмъ, 130.
Отмѣтчикъ
„ электрическій,
Отрицательное изображеніе,
Отрицательный зарядъ,
Офтальмотропъ,
Оцѣнка линій,
Оцѣнка тяжестей,
Ошибки: вѣроятная, 237; постоянная и случайная, 15; средняя, 226; сырая, 225; чистая перемѣнная, 226; законъ вѣроятности ошибокъ, 16; кривая вѣроятности ошибокъ, 18, 19, 22, 23; вѣроятность ошибки, 24; интегралъ ошибки, 26; вычисленіе частоты ошибокъ, 27, 30.
Ошибочное раздраженіе, 235.
Ощущеніе: едва замѣтное, 210, 211; едва незамѣтное, 211; подзамѣтное, 212; сверхзамѣтное, 212; едва замѣтно большее, 213;
„ „ меньшее, 214.

Память, изслѣдованіе, 186, 200; методы изслѣдованія, см. Методы; приборы для изслѣдованія см. приборы.
Параллельное соединеніе, 254, 255, 256.
Переключатель, см. коммутаторъ.

Перемѣнная ошибка, 226.
Перемѣнное раздраженіе, 211.
Перемѣнный токъ, 257.
Перерыватель тока автоматическій, 91.
Перестановка вниманія, 207.
Периметръ,
Плетисмографъ, 181.
Плетисмограмма, 181.
Пнеймограмма, 180.
Пнеймографъ, 180.
Побочная цѣпь, 151.
Побочный токъ, 150.
Подзамѣтное ощущеніе, 212.
Покрывающіяся точки сѣтчатки, 108.
Поле зрѣнія, 107.
Поле сознанія, 202.
Положительный зарядъ, 298.
Положительная перестановка вниманія, 207.
Полутонъ, 82.
Полюсы, 298.
Пороги: абсолютный, 210, 234; разностный, 210, 213, 214, 225.
Постоянная ошибка, 227.
Постоянный токъ, 259.
Послѣдовательное изображеніе, 65, 78, 79.
Послѣдовательное соединеніе, 254, 255, 256.
Предохранитель, 253.
Предѣлъ замѣтности, 211.
Предѣлъ слышимости звука, 91.
Простая реакія, см. Реакція.
Пространственное чувство, 236.
Приборы: для графическаго измѣренія времени, 165, 176; психодометра, 165; самод. камертонъ, 169; секундный маятникъ, 171; хронографъ Жакэ, 173.
Приборы для записи движеній, 177, 184; кардіографъ, 179; плетисмографъ, 181; пнеймографъ, 180; сфигмографъ, 178; эргографъ, 183.
Приборы для изслѣдованія вниманія, 203, 209; тахистоскопъ Вундта, 203; компликаціонный аппаратъ Руппа, 206; метрономъ по Тичнеру, 209.
Приборы для изслѣдованія памяти, 187, 193.
Приборъ для изслѣдованія памяти Мюллера, 187.
Приборы для изслѣдованія памяти Раншбурга, 199.
Приборы для изслѣдованія памяти Вирта, 193.
Приборы для изслѣдованія простр. чувства кожи, см. Эстезіометръ.
Приборъ для контролированія хроноскопа: контрольный молотокъ, 156; Fallapparat, 144, 154.
Приборъ для опытовъ съ компликаціей—компликаціонный аппар. Руппа, 206.
Приборъ для опытовъ съ тяжестями, 211, 222; наборъ тяжестей, 221; приборъ Галлуса-Руппа, 222.
Призма, 123.
„ двоякопреломляющая, 77, 79.
Проекція, 117.
Пружинный контактъ, 259.
Психодометръ, 165.
Психофизическіе методы, см. Методы.

Раздраженіе нормальное, 210.
„ перемѣнное, 211.
„ ошибочное, 225.
Раздражитель зрительный Мюллера, 197.
Размыкатели:
звуковой Ремера, 197.
губной, 128.
электрическій, 126.
реактивный, 127.
Разностный порогъ, 210; опредѣленіе его, см. Психофиз. методъ, верхній, 213, 214, 235; нижній, 213, 214, 235.
Разность потенціаловъ, 248.
Разряженіе аккумуляторовъ, 270.
Распредѣлительная доска, 272.
Реактивный ключъ, 127.

Реакція, 141.
простая, 166.
сложная, 158, 164.
узнаванія, 159.
различенія, 160.
выбора, 160.
ассоціативная, 162, 164.
Регистрація движеній, 177, 185.
Резонаторъ, 91, 93.
Ремеровскій размыкатель, 197.
Реостатъ, 133.
Рубильникъ, 276.

Самодѣйствующій камертонъ, 169, 170.
Сверхзамѣтное ощущеніе, 212.
Свистокъ Гальтона, 92.
Свободная ассоціація, 163.
Свѣтлота, 51, 53.
Свѣторазсѣяніе, 97.
Секундный маятникъ, 171.
Сигма, 135.
Сила тока, 248.
Синхронный двигатель, 268.
Слоги безсмысленные, 186, 195, 197.
Слоговая таблица, 197.
Сложная реакція, см. Реакція.
Слышимость звука, 91.
Смѣшеніе цвѣтовъ, 58:
1-й законъ, 54, 61.
2-й законъ, 54, 62.
3-й законъ, 55, 62.
Соединеніе послѣдовательное, 254, 255, 256.
Соединеніе параллельное, 254, 255, 256.
Соотвѣтствующія точки сѣтчатки, 108.
Сопротивитель, см. Реостатъ.
Сопротивленіе, 132, 248, 252.
Составленіе слоговъ, 195, 197.
Среднее ариѳметическое, 32, 37.
Среднее уклоненіе, 217.
Средняя ошибка, 225.
Средняя ошибка квадратичная, 35, 36, 37.
Стереоскопъ, 110.
Стереоскопъ Брюстера, 114.
„ Уитстона, 113, 114, 116.
Стереоскопическіе рисунки, 112.
Строй: темперированный, 83.
чистый, 83.
Сужденіе, 164.
Суммаціонный тонъ, 88, 89.
Сфигмограмма, 179.
Сфигмографъ, 178.
Схемы употребленія хроноскопа см. Хроноскопъ.

Тахистоскопъ Вундта. 203.
Тембръ, 86, 87, 94.
Темперированный строй, 83.
Теорія вѣроятности, 12—14.
Теоремы сложенія и умноженія въ теоріи вѣроятности, 18.
Теорія тождественныхъ направленій, 17, 18.
Теорія тождественныхъ точекъ сѣтчатки, 108.
Токъ перемѣнный, 257.
„ побочный, 150.
„ постоянный, 259.
„ трехфазный, 263.
напряженіе тока, 248.
сила тока, 248.
Тонъ музыкальный, 81.
„ основной, 86.
обертонъ, 86, 90.
полутонъ, 82.
Тонъ комбинаціонный, 88.
„ дифференціальный, 88, 93.
„ суммаціонный, 88, 93.
Точки, 87.
Точки сѣтчатки:
диспаратныя, 110.
покрывающіяся, 108.
соотвѣтствующія, 108.
Трехфазный токъ, 263.

Уаттъ, 250.
Узость сознанія, 202.
Уклоненіе среднее, 217.
Умформеръ, 269, 276.
Уравненіе контраста, 69, 79.
„ свѣтлоты, 60.

Fallapparat Геринга, 123.
„ Гиппа, 144, 15.
„ Греефа, 123.
Фиксажъ, 176.
Формула Вундта, 233.
Функціональное отношеніе, 1; его графич. изображеніе, 3.

Хроматическій цвѣтъ, 51.
Хронографъ Жакэ, 173, 174.
Хроноскопъ:
описаніе, 134, 141.
употребленіе, 141, 154.
1-ая схема, 143.
2-ая схема, 145, 146.
3-ья „ 151, 152.
4-ая „ 152, 153.
приборы для контроля, 154, 156.

Цвѣтъ, 50:
качество, 50, 53.
свѣтлота, 51, 53.
насыщенность, 50, 53.
Цѣпь главная, 151.
„ побочная, 151.

Чистая перемѣнная ошибка, 226.
Чувство пространственное, 236.

Указатель именъ.

Бессель, 29.
Брьюстеръ, 114.
Веберъ, 212, 223, 333.
Вундтъ, 202, 203, 209, 233.
Галлусъ, 222.
Гальтонъ, 92.
Гауссъ, 16, 30, 31, 45, 46, 47, 227.
Гельмгольцъ, 56, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78.
Герингъ, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 105, 117, 119, 120. 123.
Гиппъ, 124, 144, 154.
Греефъ, 120, 121, 123.
Жакэ, 173.
Кенигъ, 56.
Крисъ, 56.
Лапласъ, 38.
Максвелъ, 56.
Марей, 177.
Мейеръ, 66, 72, 74.
Мюнстербергъ, 186.
Мюллеръ, Г. Э., 187, 195, 231.
Мюллеръ-Ліеръ, 5.
Ньютонъ, 56.
Омъ, 250.
Рагона-Шина, 67, 72, 73, 74, 79.
Раншбургъ, 189.
Руппъ, 196, 209.
Сименсъ, 261.
Скрипчюръ, 38.
Тичнеръ, 209,
Фехнеръ, 38, 227.
Уитстонъ, 114.
Шейнеръ, 99, 106.
Штумпфъ, 84, 90.
Шуманъ. 195.
Эббингаусъ, 186, 195.

Замѣченныя опечатки.

Стр. 85. Число колебаній f^3 темперированнаго строя. *Вмѣсто*: 1369,91, *слѣдуетъ*: 1396,91.

Стр. 87, стр. 7 сверху. *Вмѣсто*: „Нѣкоторые приборы даютъ почти чистые тоны, т.-е. свободные отъ обертоновъ, напр., камертоны“, *слѣдуетъ*: „Нѣкоторые приборы, напр., камертоны“ и т. д.

Стр. 90. Въ таблицѣ 4 второй рядъ обертоновъ въ малой терціи. *Вмѣсто:* 12 24, *слѣдуетъ*: 12 18 24.

Стр. 91, стр. 3 сверху для большей понятности слѣдуетъ внести дополненіе. „На таблицѣ 4-ой первый рядъ чиселъ обозначаетъ первые десять обертоновъ болѣе низкаго тона, второй рядъ обозначаетъ обертоны другого болѣе высокаго тона“. Тогда на 7 стр. *Вмѣсто*: „совпадаютъ только 72-е обертоны“, *слѣдуетъ*: „совпадаетъ только 9-й обертонъ“.

Стр. 115, стр. 5 сверху. *Вмѣсто*: „его“, *слѣдуетъ:* „ее“.

Стр. 129, стр. 19 сверху. *Вмѣсто*: „который соединенъ съ металличе-

Стр. 192, стр. 2 сверху. *Вмѣсто*: „рис. 137“, *слѣдуетъ:* „136b“.
ской частью верхняго стержня“, *слѣдуетъ*: соединенъ съ клеммой *b*.

Стр. 129, стр. 1 снизу. *Вмѣсто:* „якорь ходитъ“, *слѣдуетъ*: „якорь отходитъ“.

Стр. 130, стр. 6 сверху. *Вмѣсто*: „якорь не отходитъ“, *слѣдуетъ*: „якорь не тотчасъ отходитъ“.

Стр. 138, стр. 5 снизу. *Вмѣсто*: „движеніе стержня“, *слѣдуетъ*: „движеніе механизма“.

Стр. 138, стр. 5 снизу. *Вмѣсто*: „съ которымъ непосредственно соединенъ“, *слѣдуетъ*: „съ которымъ соединенъ.“

Библиотека ООН
Академии Наук СССР
1935 г.

„Философскія изслѣдованія, обозрѣнія и проч" „издаваемыя подъ редакціей Г. ЧЕЛПАНОВА.

Т. I. Вып. 1-й. **Шиманскій А. К.** Ученіе Канта и Спенсера о пространствѣ.
Челпановъ Г. И. Объ имманентной философіи.
Отчетъ о дѣятельности Псих. Семинарія за 1897—1902 гг.

Т. I. Вып. 2-й. **Щербина А. М.** Ученіе Канта о вещи въ себѣ.
Вайнштейнъ А. Э. Ученіе о реальности по Шубертъ-Зольдерну.
Челпановъ Г. И. Авенаріусъ и его школа.

Т. I. Вып. 3-й. **Щербина А. М.** Ученіе Канта о вещи въ себѣ (окончаніе).
Зѣньковскій В. В. Современное состояніе психофизической проблемы.
Шпеттъ Г. Г. Проблема причинности у Юма и Канта (введеніе).
Челпановъ Г. И. Апріоризмъ и эмпиризмъ (отвѣтъ проф. Гилярову).

Т. I. Вып. 4-й. **Шпеттъ Г. Г.** Проблема причинности у Юма и Канта.
Челпановъ Г. И. Рецензія на соч. И. С. Продана „О памяти".
Отчетъ о дѣятельности Псих. Семинарія за 1902—1906 гг.

Т. II. Вып. 5-й. **Блонскій П. П.** Ученіе Беркли о реальности.

Цѣна за выпускъ 1 р.

Складъ изданія въ Москвѣ, въ книжномъ магазинѣ Н. Карбасникова, Моховая.

Психологическія изслѣдованія, изд. подъ редакціей проф. **Г. Челпанова** (Труды Психологическаго Института при Московскомъ Университетѣ). Т. I, вып. 1—2.

СОДЕРЖАНІЕ:

Корниловъ К. Н. Къ вопросу о природѣ типовъ простой реакціи. Ст. 1-я.

Рыбниковъ Н. А. Опытъ экспериментальнаго изслѣдованія узнаванія и репродукціи. Ст. 1-я.

Экземплярскій В. М. Матеріалы къ вопросу о типахъ представленія. Ст. 1-я.

Челпановъ Г. И. Къ вопросу объ отношеніи между психофизическими методами. Ст. 1-я.

Корниловъ К. Н. Динамометрическій методъ изслѣдованія реакціи.

Психологическій Институтъ при Московскомъ Университетѣ (исторія, описаніе устройства, организація занятій).

Отчетъ о дѣятельности Психологическаго Семинарія при Московскомъ Университетѣ за 1907—1913 годы.

Цѣна за полутомъ (два выпуска) 2 рубля.

Складъ изданія въ книжномъ магазинѣ Н. Карбасникова, Моховая.

