

61
K83

П. М. КРОНЕБЕРГ

17258

Э Л Е М Е Н Т Ы Ф И З И К И



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

1929

53
K83
РУКОВОДСТВА И ПОСОБИЯ
ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНИКУМОВ

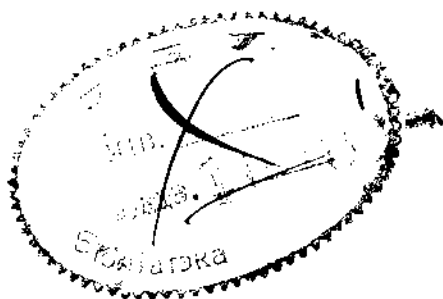
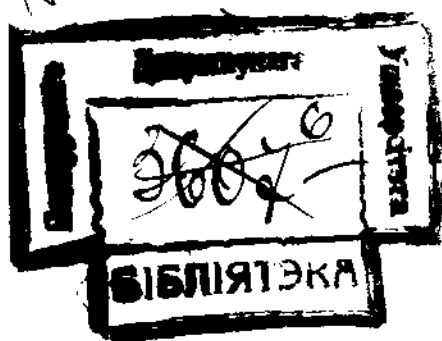
П. М. КРОНЕБЕРГ

ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИКИ

1225870
Прог. 1965

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ
ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Научно-технической секцией Государственного
ученого совета допущено в качестве руководства
для медицинских техникумов



Получено

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА * 1929 * ЛЕНИНГРАД

ПРОПЕЧЕНО



О Г Л А В Л Е Н И Е.

	Стр.
Предисловие	7
Введение	9

ОТДЕЛ ПЕРВЫЙ.

ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЛИЧИН.

Глава I. Меры длины. Измерение длины. Измерение размеров черена. Меры поверхностей и объемов. Измерение объемов . . .	11
Глава II. Закон инерции. Понятие о силе и массе. Сила тяжести — вес. Единицы веса. Весы	14
Глава III. Плотность	20

ОТДЕЛ ВТОРОЙ.

СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ, ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ТЕЛ.

Глава IV. Тела твердые, жидкие и газообразные. Силы упругости. Молекулярная гипотеза. Размеры молекул. Поры. Молекуляр- ные силы. Движение молекул	23
--	----

ОТДЕЛ ТРЕТИЙ.

ЖИДКОСТИ И ГАЗЫ.

Глава V. Давление жидкостей и газов. Закон Паскаля. Гидравли- ческий пресс. Давление на дно и стенки сосудов. Сообщаю- щиеся сосуды. Закон Архимеда. Следствие из закона Архимеда. Ареометры	30
Глава VI. Границы атмосферы. Вес воздуха. Атмосферное давле- ние. Опыт Торичелли. Значение атмосферного давления в при- роде. Барометры.	38
Глава VII. Разрезающий воздушный насос. Применение насосов в медицине. Нагнетательный насос. Водяной всасывающий насос. Водяной нагнетательный насос. Принцип насоса в орга- низмах животных. Приборы, действующие благодаря существо- ванию атмосферного давления. Применение сифона в медицине. Пульверизатор. Применение пульверизатора в медицине. Пипетки. Применение пипеток в медицине. Шприц.	47
Глава VIII. Манометры ртутные. Манометр металлический. При- менение манометров в медицине.	55

ОТДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О МЕХАНИКЕ.

Глава IX. Силы. Сложение сил. Сложение сил под углом. Разложение сил. Сложение параллельных сил. Сложение нескольких параллельных сил	58
Глава X. Единицы работы. Работа сердца	62
Глава XI. Машины. Рычаги. Применение рычагов. Принцип рычага у человека и животных	64
Глава XII. Мощность и ее измерение	69
Глава XIII. Энергия кинетическая и потенциальная. Превращение энергии	69
Глава XIV. Понятие о центре тяжести тел. Определение центра тяжести некоторых тел. Определять центр тяжести тела путем подвешивания. Три возможных случая равновесия тел. Равновесие тела, опирающегося на горизонтальную плоскость. Центр тяжести человека	71
Глава XV. Центробежная сила. Центробежная машина. Центрифуги	74

ОТДЕЛ ПЯТЫЙ.

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

Глава XVI. Выравнивание температуры. Конвекция. Лучеиспускание	78
Глава XVII. Измерение температуры тел. Постоянные точки термометров. Температура тела животных. Максимальный медицинский термометр. Термостаты	81
Глава XVIII. Понятие о калории. Расчет теплоты. Удельная теплота. Калориметр. Калориметрическая бомба. Применение калориметра в биологии. Теплота — энергия	84
Глава XIX. Постоянство температуры во время плавления тел. Скрытая теплота плавления. Переохлаждение жидкостей. Растворение. Охлаждающие смеси	88
Глава XX. Испарение тел. Терапевтическое действие испаренной температуры. Испарение твердых т. л. Нары	91
Глава XXI. Абсолютная влажность. Влажность относительная. Гигрометры	94
Глава XXII. Постоянство температуры во время процесса кипения. Скрытая теплота парообразования. Зависимость кипения от давления. Автоклавы	98

ОТДЕЛ ШЕСТОЙ.

АКУСТИКА.

Глава XXIII. Звучащее тело колеблется. Среда, передающая звук. Звукопроводность тел. Стетоскоп	102
Глава XXIV. Отражение звука. Слуховая и говорная трубы	104

	Стр.
Глава XXV. Явление резонанса. Перкуссия	106
Глава XXVI. Слуховой орган человека. Процесс слуха и резонанс. Голосовой аппарат человека.	108

ОТДЕЛ СЕДЬМОЙ.

ОПТИКА.

Глава XXVII. Лучистая энергия. Источники света. Прямолинейное распространение света.	111
Глава XXVIII. Отражение света. Законы отражения света. Изображение светящейся точки в плоском зеркале. Диффузное отражение света	112
Глава XXIX. Сферические зеркала. Главный фокус вогнутого зеркала. Изображение предмета в собирательном зеркале. Освещаемость и фотометрия.	115
Глава XXX. Законы преломления света. Преломление света в призме. Полное внутреннее отражение. Явления, объясняемые полным внутренним отражением	120
Глава XXXI. Оптические стекла. Построение изображений в линзах. Проекционный фонарь. Фотографический аппарат. Рассеивающие линзы. Построение изображений. Применение линз и зеркал в медицине	123
Глава XXXII. Сложность белого света. Дисперсия света. Синтез белого света. Дополнительные цвета. Окраска тел. Понятие о спектральном анализе.	129
Глава XXXIII. Глаз и зрение. Глаз как оптический аппарат. Аккомодация у животных и человека. Дальновзоркость и близорукость. Очки. Зрение. Зрительные следы. Восприятие цветных ощущений. Зрение двумя глазами. Стереоскоп. Гигиена зрения. Сложный микроскоп	133
Глава XXXIV. Природа света. Виды лучистой энергии	140
Глава XXXV. Светолечение	142

ОТДЕЛ ВОСЬМОЙ.

МАГНЕТИЗМ.

Глава XXXVI. Магнитная руда. Магнитные полюсы. Магнитное поле. Взаимодействие магнитных полюсов. Искусственные магниты. Гипотеза молекулярного магнетизма. Магнитная индукция.	146
--	-----

ОТДЕЛ ДЕВЯТЫЙ.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА.

Глава XXXVII. Электризация тел. Два рода электризации. Проводники и изоляторы. Плотность электричества. Потенциал. Рассеяние электричества	152
--	-----

Глава XXXVIII. Электростатическая индукция. Электроемкость. Конденсаторы. Электростатические машины. Разряд. Применение электрофорных машин в медицине	158
--	-----

ОТДЕЛ ДЕСЯТЫЙ.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА.

Глава XXXIX. Электричество у животных. Работы Гальвани и Вольты. Гальванический элемент Вольты. Поляризация элемента Вольты. Постоянные элементы. Единица для измерения электродвижущей силы. Соединение элементов в батареи	167
Глава XL. Магнитное действие тока. Электромагнит и его применение в медицине	175
Глава XLI. Закон Ома. Реостаты. Единица силы тока	178
Глава XLII. Тепловое действие тока. Техническое применение джоулевой теплоты. Гальваноакустика	181
Глава XLIII. Химическое действие тока. Нонтофорез и катафорез. Аккумуляторы	184
Глава XLIV. Электромагнитная индукция токов. Индуктор. Применение индуктора в электротерапии	190
Глава XLV. Явление электрических разрядов в газах. Свойства катодных лучей. Лучи Рентгена. Радиоактивность. Значение радиоактивности в медицине	194

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ.

Второе вновь переработанное издание отличается от первого главным образом тем, что в курс «Элементы физики» введены, согласно пожеланию, высказанному Всесоюзной Конференцией по среднему медицинскому образованию в июне 1928 г. (Москва), следующие вопросы: понятие о капиллярных явлениях, о механическом эквиваленте теплоты, об освещенности и фотометрии, о спектральном анализе, нонтофорезе и катафорезе.

П. К.

Январь 1929.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ.

Настоящий курс составлен специально для медико-технических школ и преследует цель дать минимум тех сведений из физики, которые необходимы учащимся для уяснения вопросов, тесно связанных с медицинскими науками.

Курс физики включает в себе поэтому два основных раздела: 1) исследование и изучение тех физических явлений, которые ближе всего соприкасаются с медициной (физика прикладная); 2) изучение физических явлений и законов, методически необходимых для уяснения первого раздела (физика общеобразовательная).

Так как физика в медицинской школе является необходимым, но все же вспомогательным предметом, и в учебных планах ей уделяется лишь один учебный семестр, то составитель книги стоял перед трудной задачей сконцентрировать лишь тот физический материал, который для слушателей является совершенно необходимым. Многие отдельные главы физики, обычно рассматриваемые даже в элементарных курсах физики, или загромождаются поверхностно или вовсе опускаются. Зато составитель старался несколько детализировать те вопросы, которые имеют ближайшее отношение к биологии и медицине (принцип рычага у животных и человека, значение атмосферного давления в природе и пр.).

По возможности в курсе приводится ряд медицинских приборов (офтальмоскоп, автоклавы, термостаты, приборы, применяющиеся в электротерапии, и пр.), иллюстрирующих физический материал, который учащиеся изучают в школе.

Так как исключительно лекционный метод преподавания без семинарских, лабораторных занятий является в настоящее время изжитым, то в прилагаемое руководство введено некоторое количество простейших практических работ. Большинство этих упражнений составлены так, что преподаватель может ими пользоваться как материалом, усваиваемым во время лекции.

В заключение автор считает необходимым указать, что предлагаемый курс физики с медицинским уклоном является первым опытом в медико-технических школах и несомненно имеет ряд возможных промахов. За все указания компетентной критики составитель заранее приносит свою благодарность.

П. К.

Май 1926.

ВВЕДЕНИЕ.

Физика есть наука о природе в самом широком смысле слова. (Фюзис по-гречески — природа.) Ее задача — извлечь общие выводы и законы, выполняющиеся всюду и всегда в мире мертвой и живой природы. Все естественные науки как чистые, так и прикладные, неразрывно связаны с физикой. Они дают физике материал для общих заключений и получают от нее обратно широкие законы и методы как руководящее направление в их детальных изысканиях.

Физика в целом очень сложная, большая и отвлеченная наука. Каждая отрасль естествознания берет из нее для себя необходимое и строит свою прикладную физику. Так возникла астрофизика (физика звезд), геофизика (физика земли), биофизика (физика живого) и т. д.

Задача нашего краткого элементарного курса — изложить некоторые физические законы и факты в связи с их биологическими и медицинскими применениями.

Живой мир за миллионы лет своей эволюции приспособился к физическим условиям на земной поверхности. Органы движения, дыхания, чувств и т. д. — это своего рода приборы, использующие законы физики. Для понимания их работы необходимы элементы физики. С другой стороны, физические методы диагностики и терапии все глубже внедряются в медицину, и медицина, не понимающий основ физики, в наше время бессмысленна.

ОТДЕЛ ПЕРВЫЙ.

ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЛИЧИН.

ГЛАВА I.

§ 1. Меры длины. Для изучения того или иного явления природы мы должны уметь его измерить и выразить числами. На практике до сих пор в различных странах применяются самые разнообразные единицы мер. В науке общепринятой является система *сантиметр, грамм, секунда*, тесно связанная с *метрической* системой.

В 1790 г. французское Национальное собрание избрало комиссию специалистов для установления единой, простой, естественной и приемлемой для всех народов системы мер и весов. В основу системы было решено положить размеры земного шара. С этой целью была измерена часть дуги меридиана между Дюнкерхеном и Монжуи и установлена единица длины, названная метром. Метр равен приблизительно одной сорокамиллионной части меридиана.

Был изготовлен первый образец — эталон — метра и положен в архивах Парижа. На эталоне начертаны слова: «На все времена и всем народам». По предложению той же комиссии, для всех мер приняты десятичные подразделения как наиболее простые и удобные.

Метр подразделяется таким образом на десять равных частей, которые называются дециметрами. Дециметр снова делят на десять равных частей и получают сантиметры, десятая часть сантиметра — миллиметр.¹

Миллиметр подразделяют на 1000 равных частей, которые называют микронами.²

¹ Заметим, что приставки деци, санти и милли от латинских слов употребляются для обозначения десятой, сотой и тысячной доли какой-либо основной меры.

² Микрос — весьма малый.

Тысячу метров называют километром.¹

Итак, $1 \text{ м} = 10 \text{ дм} = 100 \text{ см} = 1\,000 \text{ мм} = 1\,000\,000 \text{ микро-}$
нам (μ).

В настоящее время у нас в СССР введена всюду метрическая система мер. Пока к этой системе не совсем привыкли, надо уметь быстро и легко переводить русские меры в метрические и обратно.

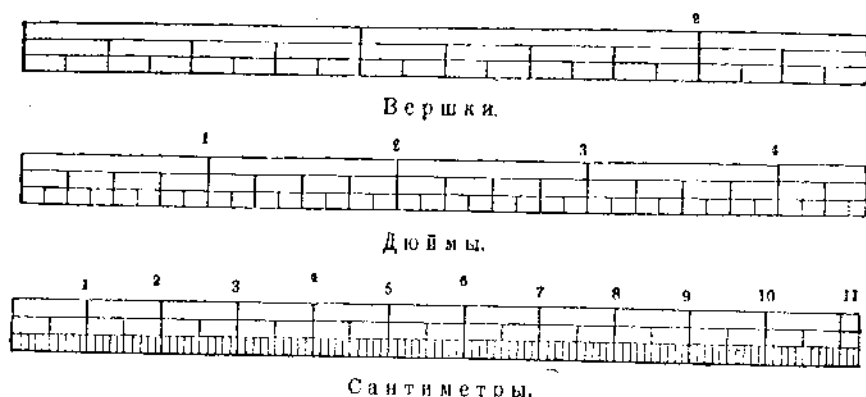


Рис. 1.

Запомним поэтому следующую таблицу соотношений:

$1 \text{ м} \sim^2 22,5 \text{ вершка} \sim 1,4 \text{ арш.} \sim 3 \text{ футам} \sim 3 \text{ дюймам} \sim 3 \text{ линиям};$

$1 \text{ арш.} \sim 71 \text{ см};$

$1 \text{ дюйм} \sim 2,5 \text{ см};$

$1 \text{ км} \sim \frac{15}{16} \text{ версты}.$

На рис. 1 показана сравнительная длина вершков, дюймов и сантиметров.

§ 2. Измерение длины. Измерить какую-нибудь величину это значит сравнить ее с другой однородной величиной, принятой нами за единицу.

§ 3. Работа 1. Измерьте при помощи ленты с масштабом длину вашей руки; четверти руки; длину роста; окружность груди, один раз вдыхая воздух, другой вытесняя его из легких. Сравните результаты измерений как в сантиметрах, так и в дюймах и посмотрите, какие числа получатся при переводе метрических мер на русские, пользуясь таблицей перевода.

¹ Греческие приставки дека, гекто и кило означают величины в 10, 100 и 1 000 раз более крупные, чем основная единица.

² Знак $\sim$ заменяет слова: приблизительно равняется.

§ 4. Измерение размеров черепа. На рис. 2 изображен прибор, называемый кефалометром, при помощи которого измеряют размеры черепа.

Полукруглая шкала SS отстоит от точки вращения O на расстоянии в 10 раз меньшем, чем концы циркуля RR . Благодаря этому миллиметры на шкале SS соответствуют сантиметрам расстояния RR .

§ 5. Меры поверхностей и объемов. За единицы при измерении площадей и поверхностей принимают площади квадратов, стороны которых равны единицам длины (линейные единицы). Так, 1 квадратный метр есть площадь квадрата, каждая сторона которого равна 1 метру. Имея в длину 10 см и в ширину столько же, квадратный дециметр представляет площадь в 100 кв. см. Отношение между линейными мерами в метрической системе равно 10, следовательно, между соответствующими квадратными мерами всегда равно $10 \cdot 10$, т.-е. = 100.

Следовательно:

$$1 \text{ кв. дм} = 100 \text{ кв. см};$$

$$1 \text{ кв. см} = 100 \text{ кв. мм и т. д.}$$

За единицы для измерения объемов принимаются объемы кубов, каждая сторона которых есть линейная единица. Так,



Рис. 2.

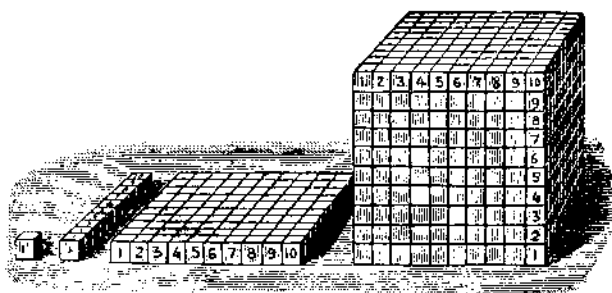


Рис. 3.

куб со стороной в 1 м есть один кубический метр. Так как отношение кубических мер в метрической системе равно $10 \cdot 10 \cdot 10$, т.-е. = 1000, то

$$1 \text{ куб. м} = 1000 \text{ куб. дм};$$

$$1 \text{ куб. дм} = 1000 \text{ куб. см и т. д.}$$

§ 6. Измерение объемов. При измерении объемов жидких и газообразных тел часто применяется мера, называемая литром. Литр есть объем 1 *куб. дм*, следовательно, он равен 1000 см^3 . Запомним, что 1 литр = 10 децилитрам = 100 сантиметрам = 1000 миллилитров (*куб. см*). Русское ведро приблизительно равно 12 литрам. Литр содержит около 4 стаканов, следовательно, больше одной бутылки приблизительно на стакан.

Для определения объемов небольших тел часто пользуются измерительными цилиндрическими (рис. 4) или конусообразными (рис. 5) сосудами [мензурки, бюретки (рис. 6), пипетки (рис. 7) и т. д.], на стенках которых нанесены деления на *куб. см* (или другие кубические единицы).

Наполним мензурку водой до какого-нибудь деления и заметим объем налитой жидкости; погрузим в воду твердое тело (рис. 8). Уровень воды поднимается и определяет нам объем погруженного тела. Этот способ неприменим, конечно, к твердым телам, растворяющимся в воде или химически изменяющимся.

§ 7. Работа 2. Определить при помощи мензурки: 1) объем чайного стакана; 2) столовой и чайной ложки; при помощи пипетки — средний объем капли.

Заметим, что при наблюдении уровня жидкости необходимо, чтобы глаз и уровень воды в сосуде лежали в одной плоскости (рис. 9) (на некоторое возвышение жидкости у краев мензурки можно не обращать внимания). Если это условие не соблюдать, то отчет будет ошибочен в зависимости от положения глаза (параллактическая ошибка).

ГЛАВА II.

§ 8. Закон инерции. Понятие о силе и массе. Движение всякого тела в природе встречает некоторое сопротивление. Поезду приходится преодолевать трение колес о рельсы и подшипники. Ход человека замедляется трением подошв о земную поверхность и сопротивлением воздуха и т. д. Допустим, что нами брошен деревянный шар по мостовой. Шар катится по прямой линии, но быстро замедляется и останавливается. Тот же шар, брошенный с тем же усилием по гладкой земляной дорожке, будет двигаться по прямой линии дальше, но также остановится. Наконец, гладкий полированный шар, брошенный по паркету, катится много дальше, и движение тормозится еще медленнее. Если бы трения совсем не было, раз брошенный шар двигался бы, надо думать, бесконечно долго по прямолинейному пути.

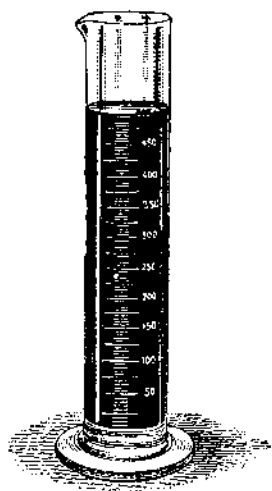


Рис. 4.



Рис. 5.



Рис. 6.



Рис. 7.

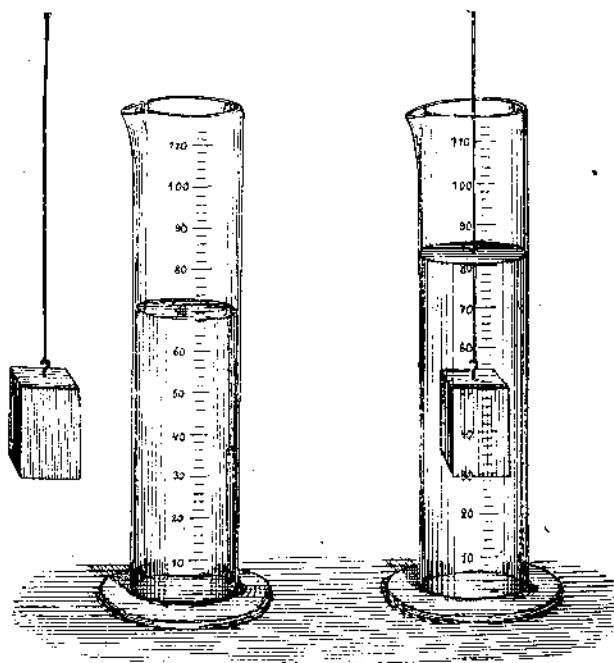


Рис. 8.



Рис. 9.

Очевидно, что камни, земля, шероховатости паркета и шара, трение о воздух — вот те причины, которые замедляют движение шара, а иногда заставляют его изменять первоначальное направление. Будем называть все эти причины силами. Если бы мы имели возможность устранив все эти силы, то шар наш двигался бы вечно. Это положение было высказано лет 300 тому назад итальянским физиком Галилеем и сформулировано английским ученым Ньютоном в следующем виде:

Всякое тело сохраняет состояние покоя или прямолинейного и равномерного движения до тех пор, пока какая-нибудь причина (сила) не заставит его изменить это состояние.

Закон этот носит название закона инерции («inertia» — косность, недеятельность).

Иллюстрируем этот закон примером. Представим себе пассажиров, сидящих в вагоне трамвая, который внезапно трогается; пассажиры отбрасываются назад, так как продолжают некоторое время сохранять состояние покоя, а вагон уже пришел в движение. Теперь, допустим, что трамвай резко затормозил — пассажиры устремляются вперед, сохраняя движение и не имея другого тормоза, кроме трения ног о пол вагона. Наконец, непьющий пассажир выскакивает на ходу в сторону, противоположную направлению движения вагона, и падает — случай, когда корпус человека стремится по инерции продолжать движение вперед, а трение ног о мостовую не в состоянии прекратить сразу движение всего тела, и т. д.

Если мы станем прикладывать одну и ту же силу к различным телам, то опыт показывает, что эта сила действует на них различно. Действительно, сообщим одинаковые толчки сплошному резиновому мячику и металлическому шару одинакового с ним размера; мячик покатится с большей скоростью, чем шар. Сопротивление изменению движения, или, другими словами, инертность металлического шара больше, чем у мячика. Мэру инертности тела, или неподатливости его к движению, называют массой. Опыты показывают еще, что, чем больше вес тела, тем больше у него инертность, т.-е. масса тела пропорциональна его весу. Мы можем, таким образом, о массе судить по весу.

Метрическая система устанавливает простую связь между мерами объема и мерами массы. За единицу массы принимается масса воды в 1 куб. см при 4° С. Она называется граммом массы. В одном литре воды будет 1 000 таких единиц — килограмм массы (ср. § 10).

§ 9. Сила тяжести — вес. Силы, действующие в природе, весьма разнообразны. Каждому хорошо знакомы силы рук и ног живых организмов, силы, развивающиеся при взрыве пороха, силы притяжения между магнитом и железом и т. д. Среди этих сил особенно важное значение имеет сила, заставляющая тела падать на землю, так называемая сила тяжести. Если какие-нибудь тела не падают, то результатом действия силы тяжести будет давление или натяжение. Так, если гиря лежит на подставке, то последняя испытывает давление; если камень подвешен на нитке, то нить натянута; сила, с которой тело производит это давление или натяжение, называется весом.

Подвесим к нитке маленький груз. Мы получим прибор, называемый отвесом (рис. 10). Направление натянутой нити называют вертикальным или отвесным, оно указывает нам, по какому направлению действует сила тяжести. Отвес служит для установки какого-нибудь прибора в вертикальном направлении. Им пользуются, например, каменщики для проверки вертикальности стен домов.



Рис. 10.

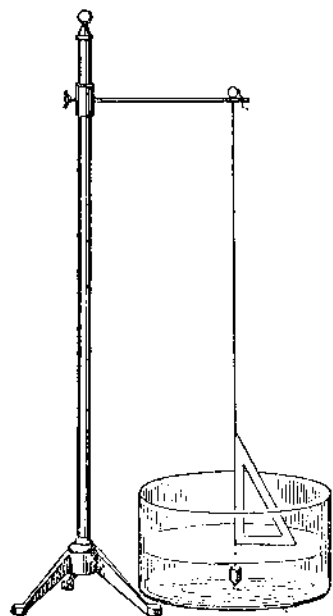


Рис. 11.

Элементы физики.

Надеем воду в широкий сосуд и поместим над ней отвес. Нетрудно убедиться, что горизонтальная поверхность воды всегда перпендикулярна к отвесу (рис. 11). Для проверки горизонтального направления служит еще прибор, называемый уровнем (рис. 12). Это стеклянная трубочка, почти вся наполненная жидкостью, оставлен лишь небольшой пузырек воздуха, который при горизонтальном положении прибора находится посередине трубки. Для проверки горизонтальности поверхности стола, пола и т. п. уро-



Рис. 12.

Педagogika

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

вень ставят по нескольким направлениям. Если в любых положениях на столе пузырек остается на середине, стол установлен горизонтально.

§ 10. Единицы веса. Сила есть физическая величина, которую надо уметь измерять. В метрической системе мер единицей для измерения сил служит грамм веса. Грамм есть вес воды в объеме одного куб. сантиметра. Тысячу граммов называют килограммом.

Если дело идет о точных измерениях, то надо добавить: при 4°C и в Париже. При разных температурах вес 1 куб. см воды будет разным. Кроме того один и тот же куб. см воды весит различно в разных местах земного шара: на полюсе больше всего, на экваторе меньше всего.

ЗАПОМНИМ СЛЕДУЮЩУЮ ТАБЛИЦУ СООТНОШЕНИЙ:

- 1 кг = 1000 г $\sim$ 2,5 фунта;
- 1 г $\sim$ $\frac{1}{4}$ золотника;
- 1 г = 10 дециграммам (дцг) = 100 сантиграммам (сг) = 1000 миллиграммам (мг);
- 1000 кг = 1 тонна $\sim$ 61 пуду;
- 1 пуд $\sim$ 16 кг;
- 1 фунт $\sim$ 400 г.

Для взвешивания тел служит набор следующих разновесок:

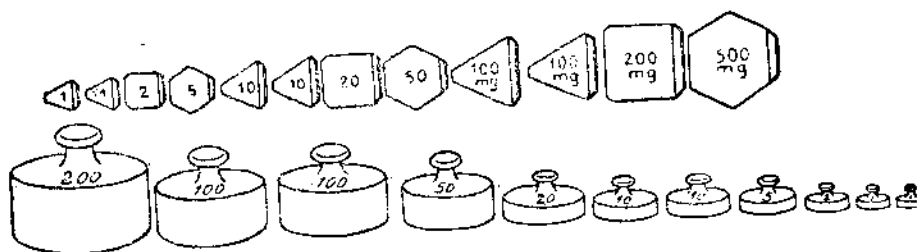


Рис. 13.

§ 11. Весы. Измерение веса тел производят на весах. Существует много различных типов весов. Мы ограничимся рассмотрением лишь немногих.

1. Аптекарские (роговые) весы (рис. 14), состоят из коромысла *тн*, которое может колебаться около опоры *б*. К концам коромысла подвешены две одинаковых чашки; длинная стрелка *ва*, прикрепленная к коромыслу, позволяет видеть даже малые отклонения его в ту или иную сторону. При равновесии стрелка *ва* занимает среднее положение. Такого типа весы дают возможность отвесить небольшие навески с точностью около 0,01 грамма и употребляются в аптеках.

2. Более совершенные весы (рис. 15) устраивают так, что коромысло, в середине которого имеется трехгранная острая стальная призма, опирается ею о твердую подставку из агата или стали.

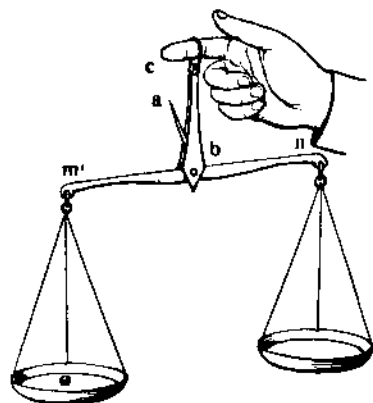


Рис. 14.

3. Пружинные весы (рис. 16) называются динамометрами или силомерами; устройство их основано на растяжении стальной пружины под влиянием груза. Верхний конец пружины закреплен в точке N , к нижнему концу A прикреплен крючок и стержень с указателем P . Указатель проходит через прорез в коробке, на поверхности которой нанесены деления. В отсутствии груза указатель P останавливается на нулевом делении (0). Подвешивая к крючку гири в 1, 2, 3 и т. д. килограммов, отмечают положения указателя. Так изготовляется шкала весов, т. е. наносятся деления,

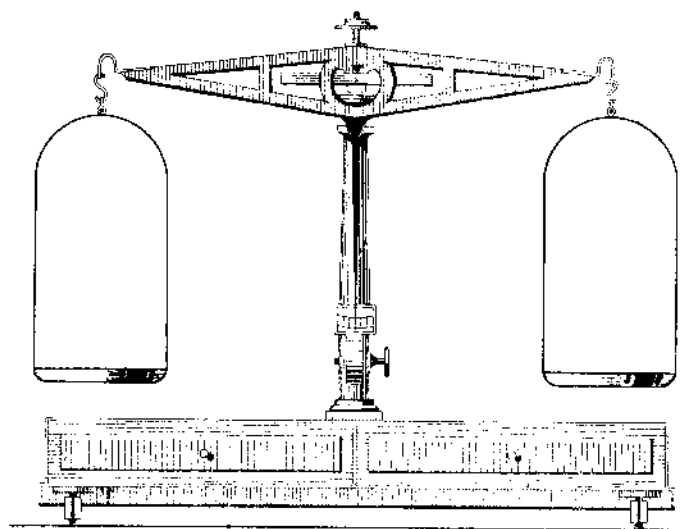


Рис. 15.

по которым можно узнать о весе груза. Деления на шкале находятся на равных расстояниях. Это показывает нам, что растяжение пружины пропорционально действию силы.

Заметим, что динамометры дают возможность не только определить вес тела, но и другие силы, например силу, с которой нужно сдвинуть с места груз, и т. п.

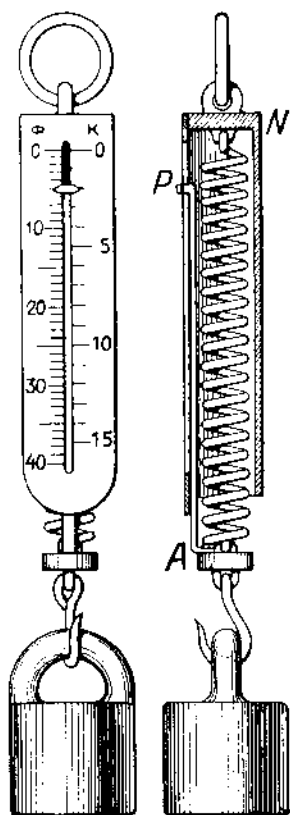


Рис. 16.

Для определения мускульных усилий и пределов их утомляемости часто пользуются другими типами динамометров, имеющих вид, изображенный на рис. 17, где пружина AB сдвигается рукой, двигает рычаг pqr , а последний стрелку OC .

§ 12. Работа 3. 1) Ознакомьтесь с метрическими разновесами,¹

2) отвесьте на роговых весах 25 г поверенной соли,

3) взвесьте пустой стаканчик и тот же стаканчик с водой. Запишите оба взвешивания десятичными дро-

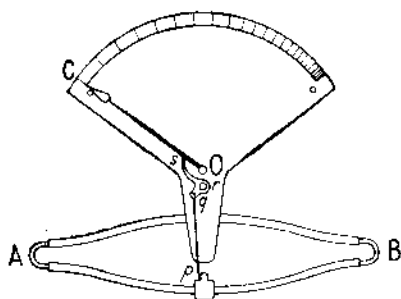


Рис. 17.

бями. Определите вес воды. Перелейте аккуратно воду в мензурку и измерьте объем воды в *куб. см.* Сравните оба измерения.

ГЛАВА III.

§ 13. Плотность. Если мы возьмем различные вещества, например, железо, карсия, пробку в одинаковом весе, например по 20 г, то все они займут различные объемы; если же мы возьмем их в одинаковом объеме, то они будут различно весить. Чтобы иметь представление о том, какие вещества тяжелее,

¹ Помня правило: не брать разновески пальцами, а пинцетом, класть их лишь на чашки весов и убирать только на место в ящик.

какие легче, мы должны взять их в одинаковом объеме. Будем называть плотностью массу вещества в объеме 1 куб. см. Удельным весом называют отношение веса тела к весу воды в равном объеме. Численно плотность и удельный вес совпадают; мы будем их обозначать буквой d . Существует много способов для определения плотности или удельного веса.

Таблица 1.

Удельные веса.

Твердые вещества.

Платина	21,5
Золото	19,3
Свинец	11,4
Серебро	10,5
Медь	8,9
Латунь (сплав меди с цинком)	около 8,0
Железо	7,8
Олово	7,3
Цинк	7,2
Алмаз	3,5
Алюминий	2,7
Мрамор	около 2,7
Лед при 0°	0,92
Дубовое дерево	около 0,8
Еловое	» 0,5
Пробка	» 0,2

Жидкости.

Ртуть	13,6
Серная кислота	1,8
Глицерин	1,3
Вода	1
Керосин	около 0,9
Винный спирт (этиловый алкоголь)	0,8
Этиловый (серный) эфир	0,7

1. Пусть нам нужно определить плотность стекла. Взвесим стекло на весах. Его вес в граммах обозначим через P . Определим теперь его объем в куб. см при помощи мензурки; обозначим объем через V . Чтобы узнать вес 1 куб. см, следует P разделить на V ; следовательно

$$d = \frac{P}{V}.$$

2. Для определения плотности жидкостей удобно пользоваться так называемыми пикнометрами. Пикнометр, это — маленькая колбочка с узким горлышком, на шейке которого сделана метка (рис. 18). Если наполнить пикнометр до метки, то можно довольно точно отмерить определенный объем. На фабрике при изготовлении пикнометров точно определяется их объем до метки и помечают его на самой колбочке.

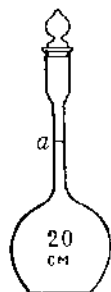


Рис. 18.

Определим плотность керосина. Пусть вес пустого пикнометра = 30 г, вес пикнометра, наполненного до метки керосином, = 47 г. Объем пикнометра равен 20 куб. см. Тогда плотность керосина будет равна

$$d = \frac{P}{V} = \frac{47 - 30}{20} = \frac{17}{20} = 0,85 \text{ г.}$$

Так как плотность воды = 1 г, то плотности других веществ численно показывают нам, во сколько раз они легче или тяжелее воды, или их удельные веса (см. таблицу 1).

§ 14. Работа 4. Определить при помощи пикнометра плотность молока.

ОТДЕЛ ВТОРОЙ.

СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ, ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ТЕЛ.

ГЛАВА IV.

§ 15. Тела твердые, жидкие и газообразные. Рассматривая окружающие нас тела, мы замечаем их в трех различных состояниях: твердом, жидком и газообразном. Твердыми мы называем такие тела, которые имеют свою форму и занимают определенный объем. Дерево, железо, стекло и другие твердые тела оказывают определенное сопротивление, когда мы пытаемся их согнуть, сжать или разорвать. Жидкие тела: вода, спирт, керосин и т. д. своей формы не имеют, а принимают форму того сосуда, в который их наливают. Не требуется много усилий, чтобы отделить часть жидкости или перелить ее. Что касается газов, как воздух, кислород, азот, углекислый газ и др., то они также не имеют своей формы и занимают весь объем, им предоставленный. Для отделения одних частей газа от других требуется еще меньше усилия, чем для жидкостей.

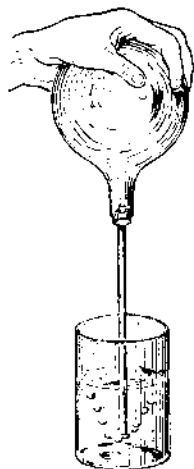


Рис. 19.

Возьмем колбу, вставим в нее пробку со стеклянной трубкой и опрокинем в сосуд с водой (рис. 19). Будем нагревать дно колбы руками. Мы заметим, как воздух из колбы выходит пузырьками через воду. Газ расширился даже от слабого нагревания рукой. Теперь поставим нашу колбу прямо, напомним ее и часть трубочки водой и станем нагревать руками. Жидкость заметно не расширится (рис. 20). Нагреем колбу на спиртовке, и мы увидим, что уровень воды в трубке поднимается.

Наконец, возьмем металлический шарик (рис. 21), который может в холодном состоянии пройти через петлю. Нагреем его сильно в пламени горелки; мы заметим, что шарик расширился —

он не проходит через петлю. Через несколько минут шарик остывает и сжимается и снова проваливается сквозь петлю.

Итак, твердые тела, жидкости и газы расширяются от нагревания и сжимаются от охлаждения, быстрее всего — газы и медленнее всего — твердые тела.

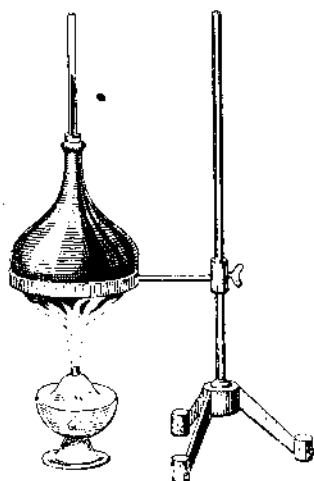


Рис. 20.

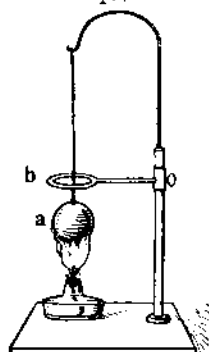


Рис. 21.

§ 16. Силы упругости. Попробуем уменьшить объем, занимаемый газом. Вставим в цилиндр поршень (рис. 22) и будем давить на газ. Поршень заметно опускается, но сжимаемый газ оказывает все большее и большее противодействие; в нем развиваются так называемые силы упругости.

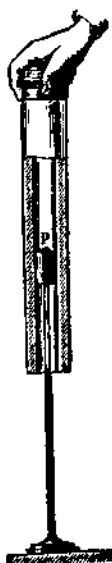


Рис. 22.

Если мы попробуем сжимать воду или масло, то увидим, что это не удастся. Исследования показали, что надо приложить громадную силу, чтобы хоть несколько сжать твердое или жидкое тело. Итак, твердое или жидкое тела проявляют громадные силы упругости при изменении их объема.

§ 17. Молекулярная гипотеза. Перечисленные физические свойства тел — расширяемость от нагревания, упругость и многие другие — привели к предположению (гипотезе), что всякое вещество не сплошь заполняет занимаемое им пространство, а состоит из отдельных маленьких частиц, которые называют молекулами. Молекулы представляют собой наименьшее количество какого-нибудь вещества. Если бы мы стали делить каплю воды на мельчайшие частички, то пределом такого деления была бы молекула воды. Разрушая молекулу воды, мы получим ее со-

ставные части — газообразный кислород (О) и водород (Н), которые имеют уже совершенно иные свойства, чем вода.

§ 18. Размеры молекул. Постараемся установить, какими свойствами обладают молекулы тел и как молекулярная гипотеза объясняет многие окружающие нас явления.

Известно, что вещество может быть раздробляемо и уточняемо до весьма малых размеров, например, можно вытянуть стеклянную трубочку с каналом в 1 микрон (μ); золото может быть расплющено в листочек толщиной 0,1 микрона; мельчайшие инфузории, микробы имеют размер около одного микрона и представляют собой живые организмы, способные жить, питаться и размножаться; сами они состоят из громадного числа молекул. Красные кровяные клетки имеют диаметр около 7 микровов. Кусочек краски фуксина, величиной с дробинку, может сильно окрасить целое ведро воды. Размеры молекул настолько незначительны, что нет никакой возможности увидеть их даже в самые лучшие современные микроскопы. Есть много способов, однако, косвенным путем определить довольно точно их размеры. Установлено, например, что линейные размеры молекулы водорода близки к $\frac{2}{10000}$ микрона. Молекулы сложных веществ (напр., белков) могут быть в десятки раз больше по своим линейным размерам. Количество молекул даже в ничтожном объеме вещества огромно. В мельчайшей капле воды объемом в 1 кубический микрон содержится 33 миллиарда молекул.

Нам чрезвычайно трудно представить себе такие громадные числа, а отсюда и вообразить ничтожные размеры молекул. Для наглядности вообразим, что земные предметы увеличены в миллион раз (увеличение линейное), тогда люди имели бы рост около 1 700 км, красное кровяное тельце имело бы 7 м в поперечнике, а волос человека — толщину в 100 м. Муха имела бы длину в 8 км, а молекула была бы величиной с типографскую точку шрифта нашей книги.

§ 19. Поры. Мы знаем, что при нагревании тела расширяются, при охлаждении — сжимаются. Это заставляет нас предположить, что между молекулами во всех телах существуют невидимые, пустые промежутки — поры. Нетрудно обнаружить поры даже у жидких и твердых тел.

Возьмем стеклянную трубку с делениями, нальем в нее 50 куб. см воды, а сверху 50 куб. см чистого винного спирта. Закроем трубку пробкой и встряхнем. Объем уменьшится приблизительно на 4 куб. см. Вода и спирт смешались, т. е. молекулы спирта проникли между молекулами воды, и наоборот.

При нагревании молекулы удаляются друг от друга, и поры увеличиваются. Особенно сильное расширение происходит, когда жидкое тело испаряется. Пар распространяется по всему доступному пространству, для пахучих жидкостей об этом легко судить по запаху во всем окружающем пространстве. Расширение здесь практически бесконечно.

Раскаленные металлы — платина, железо, медь — пропускают сквозь себя водород, что свидетельствует о существовании в них невидимых пор.

Рассмотренное выше сжатие тел от давления тоже подтверждает существование в телах пор.

§ 20. Молекулярные силы.

Является вопрос: отчего твердое тело, состоящее из отдельных молекул, сохраняет определенную форму и объем? Между молекулами существуют силы сцепления, которые стремятся удерживать их на определенных расстояниях. Эти силы проявляются тем больше, чем ближе молекулы одна от другой, поэтому резче всего они сказываются в твердом и жидком состоянии тела. Трудно согнуть металлический прут, почти невозможно сжать жидкое или твердое тело. С другой стороны, два куска свинца с отполированной по-

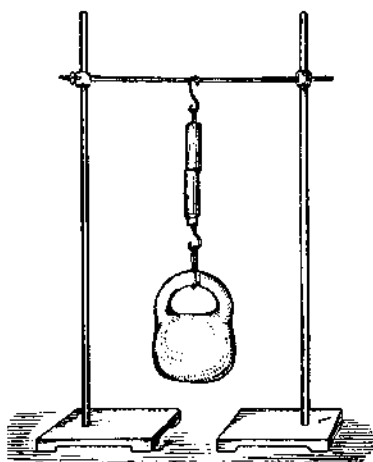


Рис. 23.

верхностью при сильном сжатии прочно соединяются (рис. 23). Приблизим к капле ртути другую каплю — они сливаются в одну благодаря силам сцепления. Эти опыты показывают, что молекулярные силы проявляются лишь на самых небольших расстояниях. Сложим два шлифованных стекла вплотную, смочив их водой, стекла крепко сцепляются друг с другом, так как на таком близком расстоянии хорошо действуют молекулярные силы. Всякое смачивание, склеивание, спайка объясняются действием молекулярных сил.

Мы уже установили, что молекулярные силы действуют лишь на очень маленьких расстояниях. Отметим теперь еще один важный момент: когда жидкость берется в больших количествах, то сила тяжести преодолевает силы сцепления молекул, и жидкость растекается, но если она взята в малом объеме, то молекулярные силы будут преобладать над силой веса и тотчас же

обнаружат себя. Действительно, небольшие капли воды, ртути и др. жидкостей принимают обычно форму, близкую к шарообразной. Вспомним хотя бы маленькие шарики воды, образующиеся из снега на нашей одежде в оттепель, или шарики ртути, пролитой на столе. Здесь молекулы повинуются силам сцепления и стремятся собраться как можно ближе друг к другу. Если мы нальем на чистую стеклянную пластинку воду или спирт, то эти жидкости растекаются на ней или, как говорят, смачивают ее, если же мы капнем ртуть, то она не смачивает стекла, а разбивается на мелкие шарики. Ясно, что смачивание происходит лишь в тех случаях, когда притяжение частиц жидкости частицами твердого тела сильнее, чем сцепление молекул жидкости между собой. Возьмем несколько очень узеньких стеклянных трубочек, каналы которых близки к толщине волоса, их называют поэтому волосными или капиллярными,¹ и опустим их в воду (рис. 24). Мы заметим, что вода, смачивая стекло, образует волгнутые поверхности — мениски, поднимается выше уровня жидкости в сосуде и тем выше, чем тоньше канал у трубки. Налейте теперь в капиллярные трубочки ртуть (рис. 25). Мениск в капиллярах становится выпуклым, и чем трубочка тоньше, тем уровень в ней ниже. Итак, при смачивании происходит поднятие жидкости в капиллярных сосудах под влиянием силы, тянущей жидкость вверх, а в случае несмачивания — жидкость опускается, так как сила притяжения направлена вниз. Подъем жидкости по капиллярным каналам наблюдается в очень многих явлениях. Если мы погрузим фитиль в лампу с керосином, то заметим, что керосин поднимается по фитилю вверх. Объясняется это тем, что в тканях фитиля имеются тонкие каналы, играющие роль капиллярных трубок. Вся техника освещения керосиновыми, спиртокапельными и др. лампами основывается на явлениях капиллярности. Последние явления имеют большое значение и в жизни растений, так как необходимые для питания соки подни-

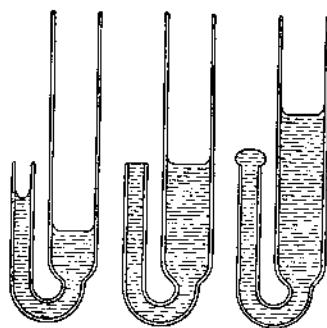


Рис. 24.

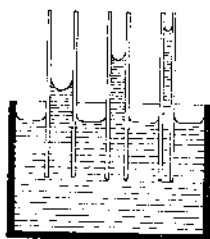


Рис. 25.

керосин поднимается по фитилю вверх. Объясняется это тем, что в тканях фитиля имеются тонкие каналы, играющие роль капиллярных трубок. Вся техника освещения керосиновыми, спиртокапельными и др. лампами основывается на явлениях капиллярности. Последние явления имеют большое значение и в жизни растений, так как необходимые для питания соки подни-

¹ Capillus — волос.

маются из почвы вверх по внутренним капиллярам. Если почва плотно слежалась, то внутри ее образуется множество узких каналов, по которым вода из глубоких слоев земли поднимается к поверхности. В рыхлой земле просветы шире, и вода не в состоянии подняться высоко. На этом основано предохраняющее от засухи действие глубокой вспашки земли.



§ 21. Движение молекул. Нальем в стеклянный цилиндр (рис. 26) воды, а затем через длинную воронку, доходящую почти до дна, осторожно введем крепкий раствор медного купороса (CuSO_4); мы заметим резкую границу между обеими жидкостями. Через несколько дней мы увидим, что жидкости постепенно перемешиваются, и, наконец, происходит полное смешение. Явление это, называемое диффузией (*diffundere* — распространяться), объясняется движением молекул. Быстрее всего диффун-

дируют газы. Примером может служить распространение в воздухе запахов пахучих веществ. Очень медленная диффузия наблюдается у твердых тел. Бельгийский физик Спринг помещал друг на друга цилиндрики из разных металлов с хорошо отшлифованными поверхностями, слегка сдавливал их и нагревал. Цилиндры срастались через несколько часов, и в месте соприкосновения образовывался сплав, хотя температура во время опыта была значительно ниже перехода этих металлов в жидкое состояние.

Жидкости подобно газам часто диффундируют через различные плотные перегородки, как животный пузырь, пергамент и пр.

Нальем в сосуд *A* (рис. 27) воду и в воронку *B*, дно которой затянуто пергаментом, раствор медного купороса (CuSO_4). Мы скоро заметим, что жидкость начинает двигаться в трубке *a* по направлению к ее открытому концу *b*. Это показывает, что вода скорее проникает в медный купорос, чем последний в воду. Явление диффузии через перегородку носит название осмоса. Осмос играет важную роль в органической жизни. Передача питательных веществ из одних клеток растительного организма в другие есть осмос через перегородки клеток. Обмен газов крови и кислорода воздуха в процессе дыхания есть также диффузия через стенки легочных пузырьков или других частей дыхательного аппарата.

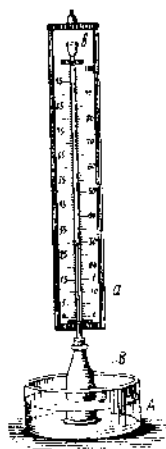


Рис. 27.

Заметим еще, что в растворах различают два класса тел:

кристаллоиды и коллоиды. К кристаллоидам относятся те вещества, которые способны кристаллизоваться, т. е. большинство солей и кислот. Частицы таких веществ настолько малы, что способны проникать через полупроницаемые перегородки и обладают большой скоростью диффузии. Что касается коллоидов (colla по-латыни — клей), то сюда относятся вещества, представляющие частицы столь больших размеров, что они не способны уже проникать сквозь полупроницаемые преграды и остаются в растворе в взвешенном состоянии. К последним относятся различные клеевые вещества, крахмал, танин и пр.

На различной скорости осмоса кристаллоидов и коллоидов основан метод отделения их друг от друга (в приборе, аналогичном изображенному на рис. 27). Такой процесс называют диализом, а прибор — диализатором.

Подводя итоги, мы подходим к следующим основным выводам:

1. Согласно молекулярной гипотезе все тела состоят из молекул, между которыми имеются поры.
2. Между молекулами действуют силы сцепления.
3. Молекулы тел находятся в непрерывном движении.

ОТДЕЛ ТРЕТИЙ.

ЖИДКОСТИ И ГАЗЫ.

ГЛАВА V.

§ 22. Давление жидкостей и газов. В предыдущей главе мы познакомились с некоторыми свойствами твердых, жидких и газообразных тел. Мы знаем, что молекулярные связи у жидкостей и особенно у газов не велики, следствием чего являются их текучесть, или удобоподвижность частиц.

Рассмотрим теперь ряд явлений, свойственных жидким и газообразным телам.

Представим себе 3 сосуда. В 1-й из них вставлен деревянный цилиндр, во 2-й насыпана дробь, а в третий налита жидкость (рис. 28). Деревянный брусок своей тяжестью будет давить лишь на дно сосуда; дробь будет давить и на дно и на стенки, во всех точках соприкосновения, а жидкость вследствие удобоподвижности молекул будет давить сплошь и на дно и на все стенки.

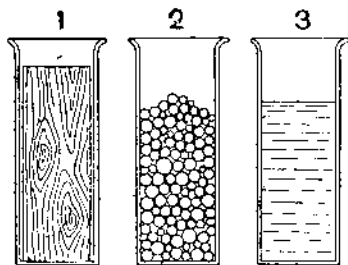


Рис. 28.

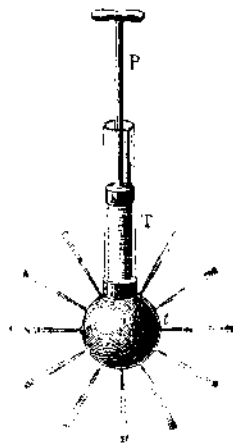


Рис. 29.

§ 23. Закон Паскаля. Наполним шарик с отверстиями водой, вставим поршень T (рис. 29) и будем на него давить вниз. Струи воды бьют во все стороны и приблизительно с одинаковой силой.

Возьмем два сообщающихся сосуда (рис. 30). Вода, налитая в них, устанавливается на одном уровне. Прикроем поверхность воды поршнями S и S_1 и положим на первый гирию в 1 кг. Пусть площадь 2-го поршня S_1 будет в 4 раза больше, чем у S . Чтобы уравновесить давление, которое испытывает поршень S_1 снизу, надо положить на него груз в 4 кг.

Эти опыты показывают нам, что давление, производимое на жидкость (или газ), распространяется во все стороны и притом равномерно.

Закон этот установлен Паскалем в середине XVII века.

§ 24. Гидравлический пресс. Прибор, изображенный на рис. 30, есть простейшая модель машины, называемой гидравлическим прессом. При помощи более совершенного гидравлического пресса можно производить сильные давления в 1 000 тонн, затрачивая сравнительно небольшое усилие. На рис. 31 мы видим схему большого гидравлического

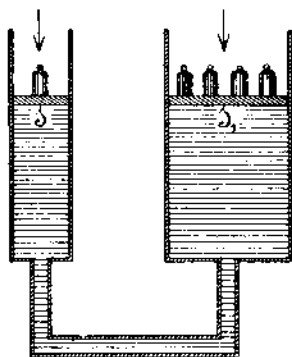


Рис. 30.

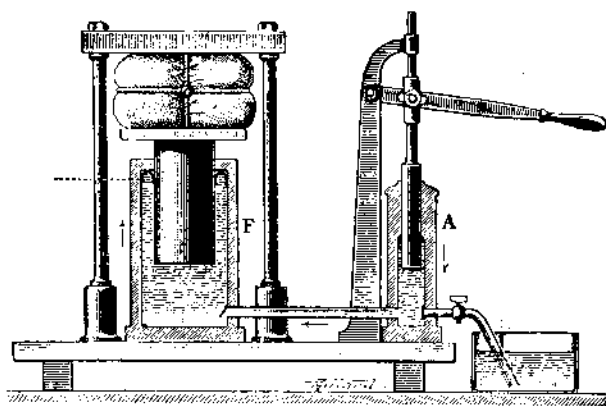


Рис. 31.

пресса, где давление на большой поршень передается насосом A , накачивающим воду в сосуд F . Такие машины служат, например, для прессования хлопка, бумаги, сена и т. п.

§ 25. Давление на дно и стенки сосудов. Рассмотрим теперь давление самой жидкости на дно и стенки сосудов.

Нальем в цилиндрический сосуд воду. Разрежем мысленно столб воды на ряд слоев (рис. 32). Первый слой давит своим весом на второй, и, согласно закону Паскаля, это давление передается всем нижележащим слоям. Вместе со вторым они давят на 3-й и т. д. Ясно, что частицы, лежащие в самом низу, а следовательно, и дно сосуда CD , испытывают давление всего вертикального столба. Нетрудно иллюстрировать опытом увеличения давления с глубиной. Возьмем сосуд, в стенках которого имеются маленькие отверстия (рис. 33).

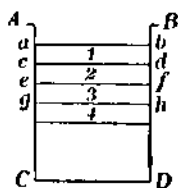


Рис. 32.

Закроем отверстия пробками. Нальем в сосуд воду и откроем пробки. Вода вытекает струйками, бьющими сильнее внизу.

Соединим стеклянную воронку с резиновой трубкой (рис. 34) и наденем на ее конец оттянутый стеклянный накопечник. Наполним воронку водой. По струйке нашей модели фонтана можно судить о давлении водяного столба. Чем ниже мы опустим стеклянный наконечник, тем сильнее бьет струя, не поднимаясь, однако, выше уровня воды в воронке.

Известно, что глубина океанов достигает иногда до 9 километров; поэтому на дне океанов имеется громадное давление, около 900 атмосфер. Уже на глубине около 2 километров давление водяного столба настолько велико, что вода там уменьшается в объеме приблизительно на 1%. Чтобы убедиться в существовании давления внутри самой жидкости, сделаем опыт Стивина (голландский физик 1548—1620) (рис. 35).

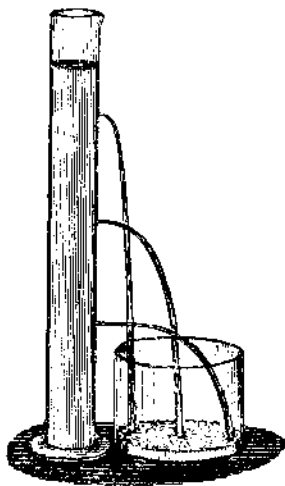


Рис. 33.

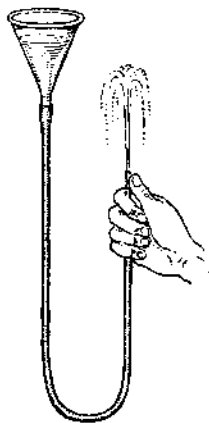


Рис. 34.

Опустим в воду цилиндрическое ламповое стекло и прикроем нижнее отверстие шлифованным стеклянным кружком AB , удерживая его ниткой. Отпустим нитку; кружок не отпадает: он прижат давлением воды снизу вверх. Начнем наливать внутрь цилиндра подкрашенную воду; кружок отпадает лишь тогда, когда

уровень воды в стеклянной трубке доходит до уровня воды в паружном сосуде (до CD). Итак, давление на стенку AB равно весу вертикального столба $ABCD$.

Теперь представим себе сосуд, который кверху суживается (рис. 36). Нальем воду до уровня AB . Решим вопрос: какое давление испытывает дно сосуда CD ? Рассмотрим цилиндрический столбик $ABDE$. Площадка DE испытывает давление, равное весу вертикального столба $EABD$, это давление по закону Паскаля передается равномерно во все стороны, следовательно, какая-либо площадка EF будет испытывать давление от вертикального столба $FMAE$.

Рассуждая таким образом далее, мы придем к заключению, что давление на все дно CD будет равно весу столба $CTBD$, основанием которого служит дно CD , а высотой расстояние от дна до уровня жидкости в сосуде (CT). Следовательно, давление на дно CD больше, чем вес налитой жидкости.

В сосуде, суживающемся книзу (рис. 37), давление на дно CD равно лишь весу стоящего над ним вертикального столба $CMND$, следовательно, меньше веса налитой жидкости.

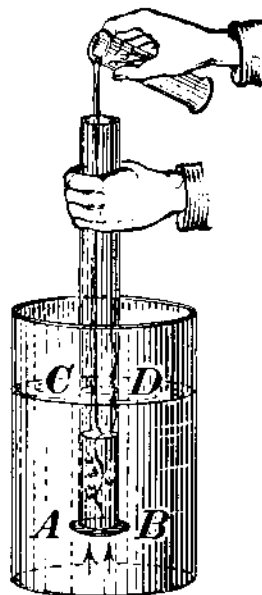


Рис. 35.

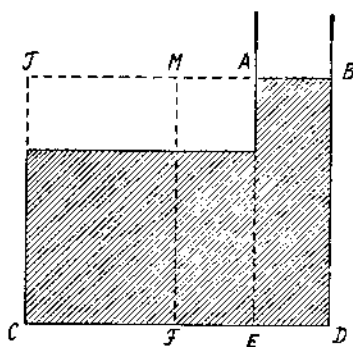


Рис. 36.

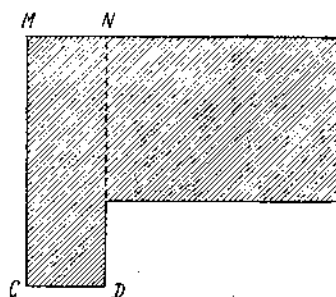


Рис. 37.

Итак, мы видим, что давление на дно сосуда зависит от площади дна и высоты уровня налитой жидкости, но не зависит от формы сосуда и количества помещающейся в сосуде жидкости.

Явление это изучено было Паскалем. Он иллюстрировал его следующим опытом. Паскаль наполнял водой бочку и подливал воду в узкую трубку, вставленную в крышку бочки (рис. 38). Высокий столб воды в трубке производил громадное давление на маленькую площадку, это давление передавалось равномерно во все стороны, и бочка разрывалась от напора воды.

§ 36. Сообщающиеся сосуды. Нальем однородную жидкость в сообщающиеся сосуды (рис. 39) и откроем край *K*. Жидкость перетекает из сосуда с более высоким уровнем в сосуд с более низким до тех пор, пока уровни не сравняются.

Выясним условия равновесия жидкостей (рис. 40). Отметим поперечное сечение трубки *ab*. Слой жидкости *ab* испытывает два давления: слева p_1 и справа p_2 . Определим эти давления. Так как давление на любую площадку равно весу вертикального столба, а вес столба $p = vd$, то

$$p_1 = ab \cdot h_1 \cdot d,$$

где d — удельный вес жидкости.

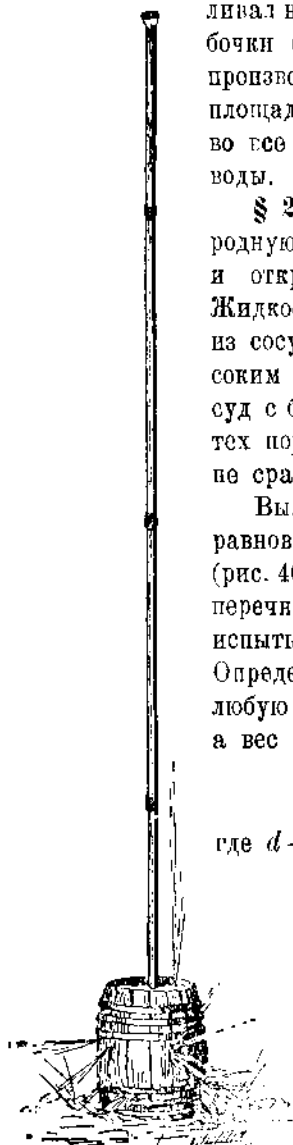


Рис. 38.

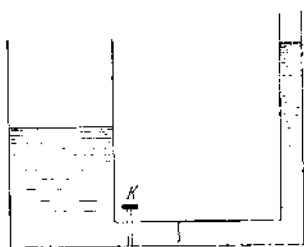


Рис. 39.

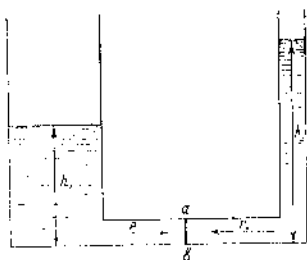


Рис. 40.

При равновесии $p_1 = p_2$

$$p_1 = ab \cdot h_1 \cdot d, \text{ следовательно } h_1 = h_2,$$

$$p_2 = ab \cdot h_2 \cdot d,$$

т.е. при равновесии высоты обоих столбов должны быть равны друг другу.

Другими словами при равновесии однородной жидкости обе поверхности лежат в одной горизонтальной плоскости.

Так, в водопроводе вода наполняет трубы и краны и стремится достигнуть уровня в резервуаре водонапорной башни. При пробурывании артезианских колодцев вода выбрасывается из водовместителя в виде фонтана, поднимаясь на значительную высоту (рис. 41).

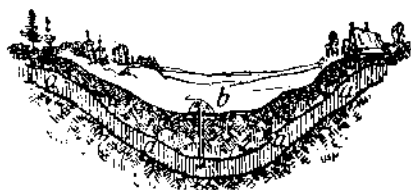


Рис. 41.

§ 27. Работа 5. Нальем в сообщающиеся сосуды подкрашенную воду и, когда она установится в покое, в одно колено подольем керосину. Измерим высоты столбов h и h_1 керосина и воды (рис. 42). Опыт показывает нам, что $\frac{h}{h_1} = \frac{d}{d_1}$, где d и d_1 удельные веса воды и керосина. Нетрудно видеть, что это прямо вытекает из закона Паскаля. В предыдущем параграфе мы нашли такое условие равновесия для сообщающихся сосудов:

$$ad \cdot h_1 \cdot d_1 = ab \cdot h_2 \cdot d_2.$$

Сократив на ab обе части равенства, найдем указанный результат опыта. Итак, высоты разнородных жидкостей в сообщающихся сосудах обратно пропорциональны их удельным весам.

Пользуясь сообщающимися сосудами, можно, наоборот, по высотам столбов определить их удельный вес, наливая в одно колено воду, в другое — не смешивающуюся с ней жидкость (например, ртуть, масло и др.).

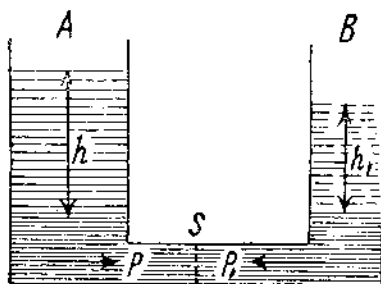


Рис. 42.

§ 28. Закон Архимеда. Мы уже знаем, что жидкость давит на погруженное в нее тело со всех сторон, в частности снизу вверх, т.е. против силы земного притяжения. Вследствие этого в жидкости тело весит меньше, чем в воздухе.

Работа 6. Снимем одну из роговых чашек весов с крючка и подвесим к нему на место чашки маленькое ведерко, к крючку

которого прикреплен одинакового объема сплошной цилиндр (ведерко Архимеда) (рис. 43). Уравновесим весы дробью.

Теперь опустим цилиндр в воду. Равновесие нарушается (рис. 44). Наполним ведро водой — весы снова приходят в равновесие.

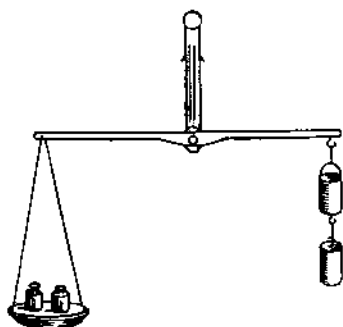


Рис. 43.

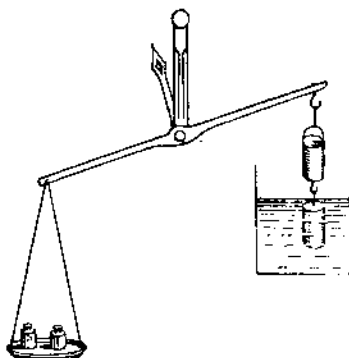


Рис. 44.

Отсюда заключаем, что тело, погруженное в жидкость, теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненная им жидкость.

Закон этот установлен Архимедом еще в III веке до нашей эры.

Закон Архимеда распространяется и на газы, которые так же, как и жидкости, подчиняются закону Паскаля.

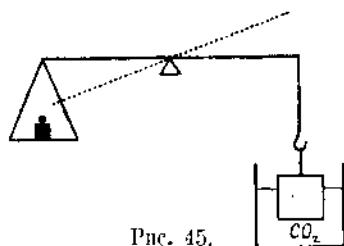


Рис. 45.

Работа 7. Подвесим на чашке весов (рис. 45) полулитровую колбу и погрузим ее в банку. Пусть в нее струя углекислого газа (CO_2), — равновесие нарушается, так как колба в углекислом газе теряет больше, чем в воздухе.

§ 29. Следствие из закона Архимеда. При погружении тела в жидкость или газ могут быть три случая:

- 1) вес тела (p) больше веса вытесненной жидкости (q);
- 2) $p = q$;
- 3) $p < q$.

1. Если $p > q$, то тело тонет или падает (рис. 46, I); например, камень тонет в воде и падает в воздухе.

2. Если $p = q$, то вес тела равен весу вытесненной жидкости: тело находится в равновесии, не тонет и не всплывает. Подбавим

в воду поваренной соли. Куриное яйцо, которое тонет в чистой воде, остается при некоторой концентрации раствора в неподвижном равновесии (рис. 46, III).

3. Если $p < q$, то тело всплывает. Яйцо всплывает, если раствор очень крепок (рис. 46, II). Так, всплывают в воде лед, де-

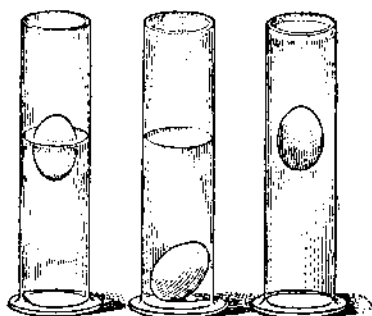


Рис. 46, II. Рис. 46, I. Рис. 46, III.



Рис. 47.

рево, пробка; в ртути — железо; в воздухе — аэростат с водородом и т. д.

Когда тело всплывает и находится в равновесии, то под жидкостью остается такая его часть, что вес жидкости в объеме погруженной части равен весу всего тела (рис. 47).

§ 30. Ареометры. На законах плавания тел основывается метод быстрого, хотя и не очень точного, определения удельного веса жидкостей при помощи ареометров.

Ареометр представляет собою запаянную поую трубочку, наполненную внизу дробью или ртутью. Верхняя часть прибора представляет цилиндрическую трубку, в которой вставлена шкала с делениями (рис. 48). Эти деления показывают удельный вес той жидкости, в которую мы опускаем ареометр. Если ареометр предназначен для жидкостей с удельным весом большим, чем у воды, то верхнее деление шкалы обозначается единицей (1,000). До этой черты погружается ареометр в чистой воде. В более тяжелых жидкостях он всплывает выше.

Ареометр, рассчитанный на определение удельного веса жидкостей более легких, чем вода, имеет деление, обозначенное 1 в нижней части шкалы; в более легких жидкостях этот ареометр погружается глубже.

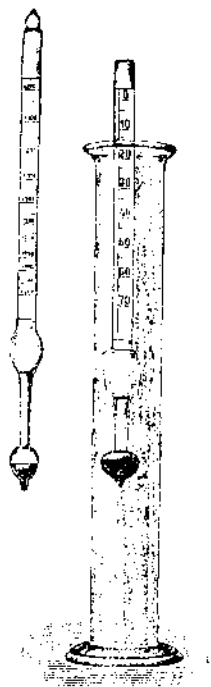


Рис. 48.

Часто для специальных целей, например в медицине, устроят ареометры, особо градуированные.



Рис. 49.

Для определения удельного веса спирта употребляются так называемые спиртометры, в которых деления шкалы прямо указывают процент содержания алкоголя.

Для определения удельного веса мочи употребляются урометры (рис. 49), для определения качества молока — лактометры и т. д.

§ 31. Работа 8. Определить при помощи лактометра удельный вес молока или при помощи урометра удельный вес мочи.

ГЛАВА VI.

§ 32. Границы атмосферы. Воздушная оболочка, окружающая земной шар, состоит из смеси газов, плотность которых постепенно убывает с высотой. Говорить об определенной высоте атмосферы поэтому нельзя.

Следы атмосферы обнаруживаются еще на высоте в несколько сот км по облакам и северным сияниям.

§ 33. Вес воздуха. Работа 9. Возьмем круглодонную $\frac{1}{2}$ -литровую колбу (рис. 50), нагреем ее на спиртовке в течение десяти минут, поставив на сетку над горелкой. Часть воздуха выйдет из колбы от нагревания и расширения. Теперь закроем колбу резиновой пробкой и взвесим на роговых весах. Затем откроем колбу, впустим воздух и снова взвесим.

Мы заметим разницу в весе. Сколько весит вытесненный воздух? Многочисленными опытами установлено, что вес 1 литра воздуха при нормальных условиях приблизительно равен 1,3 г, или, другими словами, воздух приблизительно в 770 раз легче воды.

§ 34. Атмосферное давление. Благодаря своему весу воздух давит на земную поверхность, и это давление, согласно закону Паскаля, передается во все стороны равномерно, так что каждый квадратный сантиметр любого тела у поверхности земли подвергается одинаковой силе давления. Всю толщу атмосферы можно представить себе разделенной на ряд слоев, параллельных земной поверхности (рис. 51), подобно тому как мы это делали, рассма-



Рис. 50.

тривая давление жидкости. Давление должно возрастать с глубиной, т. е. по мере приближения к земле.

§ 35. Опыт Торичелли. Итальянский физик Торичелли в половине XVII столетия впервые произвел опыт, дающий возможность не только убедиться в существовании атмосферного давления, но и определить его величину. Он наполнял запаянную с одного конца стеклянную трубку длиной около 80 см ртутью, закрывал отверстие трубки пальцем (рис. 52) и опускал в чашку с ртутью (рис. 53). Как только палец освобождал столбик ртути (рис. 54), часть ее выливалась в чашку, а в трубке оставался столбик ртути высотой около 76 см. Над ртутью оставалось пустое пространство, называемое теперь «торичеллиевой пустотой». Достаточно наклонить резким движением трубочку вбок, чтобы услышать удар ртути о запаянный конец трубки.

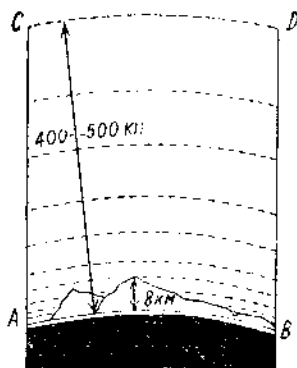


Рис. 51.



Рис. 52.

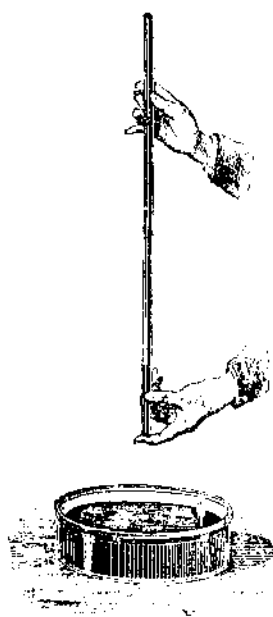


Рис. 53.

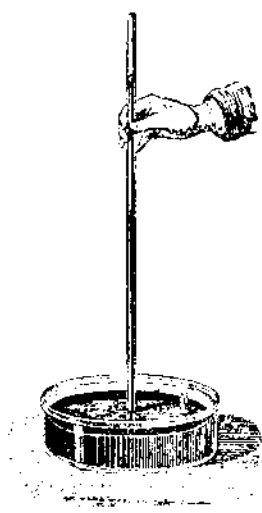


Рис. 54.

Теперь нетрудно выяснить причину, благодаря которой в трубке остается порядочной высоты столб ртути (рис. 54).

Воздух давит своим весом на поверхность ртути в чашке, это давление по закону Паскаля уравнивается давлением столбика ртути, направленным вниз. Рассчитаем давление атмосферы на площадку в 1 кв. см. Давление ртути на эту площадку равно весу вертикального столба с площадкой в 1 кв. см и высотой в 76 см, объем столба $v = 76 \text{ см}^3$. Следовательно, вес

$$p = 13,6 \times 76 = 1033,6 \text{ г} \approx 1000 \text{ г} \approx 1 \text{ кг}.$$

Итак, в круглых числах давление на площадку в 1 кв. см равно 1 кг $\left(1 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}\right)$, или $2\frac{1}{2}$ фунта.

Представим себе поверхность оконного стекла, площадь которого равна 1 кв. м. Давление на такую площадь $(100 \text{ см} \times 100 \text{ см}) = 10\,000 \text{ кв. см}$ приблиз. равно $10\,000 \text{ кг} \approx 25\,000 \text{ фунт.} \approx 625 \text{ пуд.}$

Поверхность тела взрослого человека составляет площадь от $1\frac{1}{2}$ до 2 кв. м и испытывает давление, равное от 15 000 до 20 000 кг, т. е. около 900 пудов, и т. д.

§ 36. Значение атмосферного давления в природе. На первый взгляд кажется странным, каким образом многие сравнительно хрупкие тела выдерживают такие громадные давления. Для выяснения этого вопроса надо иметь в виду, что по закону Паскаля давление воздуха всесторонне. Тело человека и животных испытывает атмосферное давление и изнутри, таким образом внешнее давление частью уравнивается.

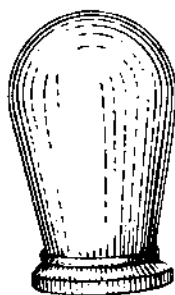


Рис. 55.

Значительные изменения давления как в сторону его увеличения, так и в сторону уменьшения вызывают болезненные явления или даже смерть. Известно, что при поднятии на большую высоту у аэронавтов наблюдается нередко так называемая «горная болезнь», выражающаяся в просачивании крови через горло и нос вследствие большой разницы давлений в кровеносных сосудах и в окружающей атмосфере. Аналогичное явление имеет место у больных, которым ставят банки (рис. 55). Банку сначала нагревают, воздух в ней расширяется. Когда банка приложена к телу больного, воздух внутри нее снова охлаждается, сжимается, и там образуется давление, меньше атмосферного, внешнее давление прижимает банку к телу, а данное место сильно краснеет вследствие усиленного притока крови к месту пониженного давления и разрыва мелких кровеносных сосудов (капилляров). Организм человека, родившегося и живущего в условиях нормального атмосфер-

ного давления, не переносит без вреда случаи больших давлений. Известно, что водолазы, работающие глубоко под водой и занимающиеся, напр., ловлей губок в Средиземном море, где давление очень велико, часто заболевают так называемой «водолазной болезнью». Она проявляется прежде всего в нарушении механизма ходьбы, так что большие кажутся страдающими болезнью спинного мозга.

Подобно человеку относятся к изменению атмосферного давления и другие животные. Даже птицы не обладают большой выносливостью к сильному разрежению воздуха.

Любопытно отметить, что существуют организмы, живущие на больших глубинах океанов при необычайно больших давлениях. Уже на глубине 10 метров давление равно двум атмосферам, тогда как на глубине 8 000 метров давление достигает колоссальной цифры в 801 атмосферу! Установлено, что пиявки и моллюски обнаруживают признаки жизни под давлением в 500 атмосфер. Мы встречаем у многих водных животных чрезвычайно остроумное приспособление, служащее для устранения вредного влияния больших давлений. Например, корненожки, которые могут опускаться на самые большие глубины, легко засасывают воду в свое плазматическое тело, «насквозь» пропитывая его, и потому в каждой данной точке тела давление встречает равное противодействие. Кораллы, губки, медузы, обладающие ветвистой системой каналов, распределяют морскую воду по всему своему телу. Они, вбирая воду, раздуваются и противодействуют внешнему давлению. Наконец, у глубоководных рыб давлению противодействует их плавательный пузырь, так как с увеличением внешнего давления повышается давление заключенных в нем газов; примером может служить сизг (Боденского озера), палли, скопелиды и др. Плавательный пузырь, служащий гидростатическим органом, может оказаться для них опасным. Если рыба по неосторожности поднимется в верхние слои воды, то воздух, заключенный в пузыре, производящий изнутри большое одностороннее давление, растягивает стенки желудка; внутренности и глаза выпячиваются наружу, а иногда и все тело разрывается на куски (рис. 56).



Рис. 56.

Представители животного царства во многих случаях используют давление окружающей их среды и приспособляют его к различным проявлениям своей жизнедеятельности.

Для выяснения того, как это достигается, рассмотрим игрушку-револьвер, стреляющий палочкой с резиновым наконечником (рис. 57). Когда снаряд ударяется резиновым наконечником о стену, резина расплющивается (*b*), а потом благодаря силе упру-

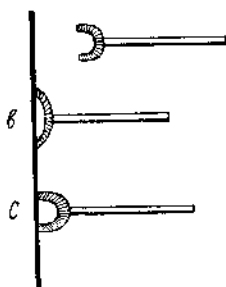


Рис. 57.

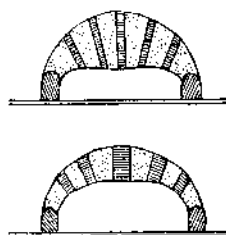


Рис. 58.

гости снова принимает вогнутую форму (*c*). Между стеной и резиной образуется разреженное пространство, и снаряд крепко пристает к стене под влиянием атмосферного давления.

Эта игрушка может служить моделью тех органов приспособлений животных, которые называются присосками. Присоски чрезвычайно распространены в животном мире. Например, каракатицы и осьминоги имеют ряд щупальцев с присосками, венцом окружающие ротовое отверстие. Действие этих присосок аналогично действию рассмотренной нами модели и осуществляется сокращением мышц (рис. 58).



Рис. 59.

Прочность, с которой щупальцы прикрепляются присосками, чрезвычайно велика. Чтобы освободиться от «объятий» осьминога, в которые он захватывает добычу, не остается ничего больше, как отрезать щупальцы.

Благодаря присоскам они имеют возможность ходить по дну, даже против сильного течения. Личинки некоторых комаров (например, из рода *Cironomus*) также обладают способностью не только неподвижно держаться благодаря таким приспособлениям в быстро текущем ручье, но даже двигаться против течения. На их брюшке имеется 6 крупных присосок, играющих роль то якорей, то движущихся конечностей (рис. 59).

В сходных условиях живут и некоторые паразиты, встречающиеся в кишечнике высших организмов. Им тоже приходится бороться с сильным течением. Благодаря сокращению кишечника,

пищевая кашка передвигается в определенном направлении, и паразиты всегда подвержены опасности быть выброшенными наружу. Примером могут служить «ленточные глисты», на головках которых (рис. 60) имеются присоски, служащие им якорем. Наконец, упомянем еще о пиявках, постоянно попадающихся в прудах и озерах. Они обладают способностью плавать с помощью змее-

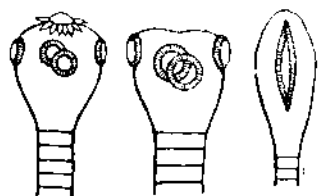


Рис. 60.

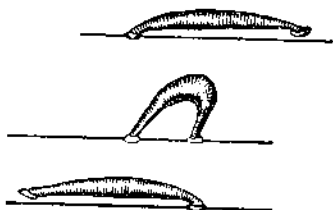


Рис. 61.

образных движений всего тела и ползать по твердым поверхностям благодаря присутствию двух присосок (рис. 61). Мы рассмотрели ряд животных, отдельные органы которых приспособлены к атмосферному давлению, для тех или иных целей, в борьбе за существование.

Теперь рассмотрим несколько случаев, в которых атмосферное давление используется для прикрепления и сдерживания отдельных органов животного.

Наилучшим примером служит явление прикрепления бедра ноги человека к его тазу. Известно, что головка бедренной кости имеет шарообразную форму и входит в углубление тазовой кости (рис. 62). Бедро и тазовая кость связаны между собой суставной капсулой и связками, которые сдерживают их. Казалось бы, что если их перерезать, то нога сейчас же отпадет. Но этого никогда не бывает, так как промежуток между тазом и головкой бедра при удалении последней содержал бы разреженное пространство. Если просверлить изнутри таза отверстие (опыт бр. Вебер), через которое проник бы атмосферный воздух, то головка бедра выпала бы из впадины. Этим явлением объясняется экономия сил человеческого организма. Если мы стоим на одной ноге, приподнимаем другую и держим ее на весу, то эту приподнятую ногу легко привести в качательное движение при самом незначительном напряжении мышц; во время этих качаний в мышцах, соединяющих таз с бедренной костью, не замечается никакого напряжения, так как им не приходится поддерживать ногу.



Рис. 62.

Иногда образовавшееся безвоздушное пространство становится для животных вредным и даже опасным. Представьте себе, например, что лошадь идет по тонкой болотистой почве и ее круглые копыта погружаются в вязкую массу (рис. 63). Когда лошадь вытаскивает свою ногу, под копытом образуется разреженное пространство, что чрезвычайно затрудняет животное в его движениях. Существует, однако, ряд крупных млекопитающих, которые постоянно живут

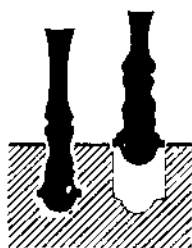


Рис. 63.

в болотистых местностях, например дикие кабаны. Ноги их снабжены особым приспособлением, которое предупреждает вредное влияние атмосферного давления. У кабана, например, имеются два главных больших пальца с копытами, между которыми находится щель, позади же имеются два меньшие, зад-

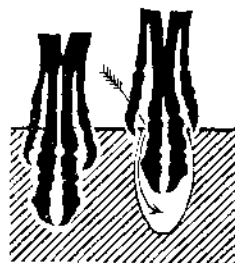


Рис. 64.

ние пальцы (рис. 64). Когда кабан вытягивает ногу из болота, главные пальцы сближаются, и благодаря этому с боков через щели может проникать воздух, наполняющий впадину под ногой. Вот почему кабан может легко передвигаться по тонкой местности.

Образование разреженного пространства необходимо и в тех случаях, когда газы или жидкости должны быть введены снаружи внутрь организма. Примером служит хотя бы дыхательный аппарат человека. Мы знаем, что грудобрюшная преграда представляет своеобразный мускул, который перегородивает полость тела и

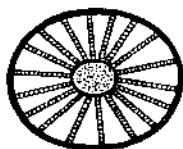


Рис. 65.

делит ее на две части — грудную и брюшную полости. Грудобрюшная преграда представляет собою выпуклую поверхность. Волокна мышечного аппарата грудобрюшной преграды сходятся по радиусам в центре, где расположена сухожильная часть этих мышц (рис. 65). Когда мышечные волокна грудобрюшной преграды сокращаются (рис. 66, В), то свод ее становится более плоским и опускается, объем грудной полости увеличивается, воздух, находящийся в ней, разрежается, и через нос и горло снаружи притекает атмосферный воздух, поступая в легкие; происходит вдыхание (рис. 66, В).

Если теперь сократятся мышцы брюшной стенки (рис. 66, А), то они произведут давление на брюшную полость, и грудобрюшная преграда снова делается выпуклой. При этом объем грудной

Если теперь сократятся мышцы брюшной стенки (рис. 66, А), то они произведут давление на брюшную полость, и грудобрюшная преграда снова делается выпуклой. При этом объем грудной

полости уменьшается, воздух из легких выгоняется наружу — происходит выдыхание.¹

У других позвоночных, например птиц, нет грудобрюшной преграды и увеличение и уменьшение грудной полости производится изменением угла между сочленениями ребер (рис 67, I и II).

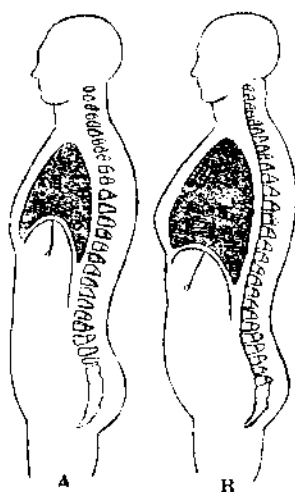


Рис. 66.

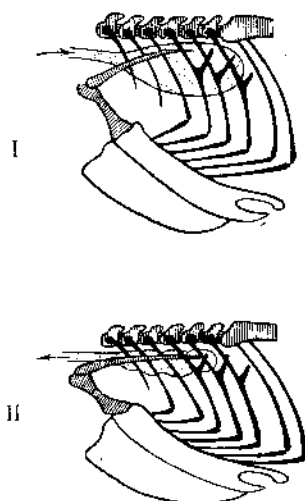


Рис. 67.

В дальнейшем мы встретимся еще и с другими явлениями, имеющими место в структуре и органах приспособлений различных животных, где снова проявляются характерные общие друг другу механизмы и аппараты животных, преследующие одинаковые цели: использовать принципы физических законов к наиболее благоприятной и целесообразной их жизнедеятельности.

§ 37. Барометры. Прибор Торичелли представляет собою простой чашечный барометр.² При помощи такого барометра мы можем измерять величину атмосферного давления, определяя по шкале высоту ртутного столба в трубке (рис. 68). При увеличении давления в воздухе часть ртути из чашки переходит в трубку, при уменьшении — выливается обратно в чашку. Чтобы произвести отсчет, надо измерить длину

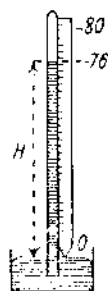


Рис. 68.

¹ Это будет так наз. брюшной тип дыхания, он наблюдается у мужчин. У женщин наблюдается другой тип дыхания — грудной, или реберный, когда увеличение или уменьшение объема грудной клетки происходит благодаря сокращению реберных мышц и поднятию или опусканию реберных дуг.

² Барос — тяжесть, метро — мерю.

столба от поверхности ртути в чашке до уровня в трубке. Чтобы отчет был точен, надо шкалу или дно чашки (его делают тогда из кожи) сделать подвижным.

Более удобным барометром, с неподвижной шкалой, является барометр сифонный. Верхний конец трубки (рис. 69) запаивают и здесь, над ртутью — пустота. Нижний конец имеет отверстие в *a*. Разность уровней в верхнем и нижнем колене дает длину ртутного столба. На описанном барометре имеются две шкалы, их общий нуль лежит в средней части трубки. Барометрическая высота равна сумме расстояний от нуля до верхнего и нижнего уровней ртути. Шкала неподвижна.

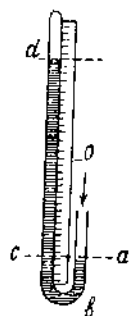


Рис. 69.

Наконец, очень удобны так называемые металлические барометры или анеронды (рис. 70). Главная часть их — металлическая коробка *K* с волнистой крышкой, из которой выкачан воздух. Когда атмосферное давление увеличивается, крышка коробки прогибается внутрь, и наоборот. Эти движения крышки передаются рядом рычагов стрелке, которая вращается около шкалы. Шкала градуируется соответственно одновременным показаниям ртутного

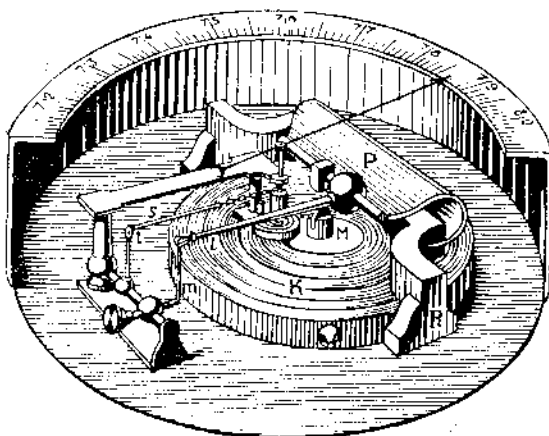


Рис. 70.

барометра. С течением времени металлические барометры начинают показывать неточно, поэтому их приходится периодически выверять.

Барометры применяются для определения атмосферного давления, а в общежитии служат и для определения погоды; вот почему на шкале металлических барометров рядом с делениями

на миллиметры имеются еще надписи: ясно, тихо, дождь, переменнo и т. д., но нужно помнить, что погода зависит не только от величины атмосферного давления, но и от многих других условий: температуры, влажности, ветра и пр., и след., надписям на барометрах можно придавать только относительное значение.

ГЛАВА VII.

§ 38. Разрезающий воздушный насос. Приборы, при помощи которых выкачивается или нагнетается в сосуды воздух, называются воздушными насосами. Первый воздушный насос был устроен Герику в гор. Магдебурге в 1654 г. Рассмотрим действие разрежающего воздуха насоса (рис. 71).

Прибор этот состоит из цилиндра *C*, в котором передвигается плотно прилегающий поршень. Отверстие в поршне закрывается

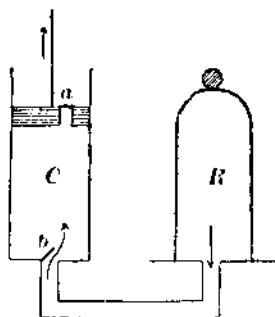


Рис. 71.

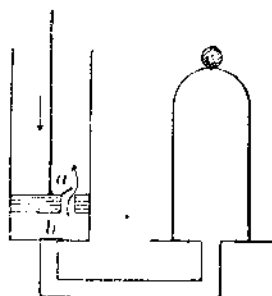


Рис. 72.

клапаном *a*, который поднимается вверх. Другой клапан *b*, открывающийся в ту же сторону, закрывает ход в трубку, соединяющую цилиндр с сосудом *R*, из которого желают выкачать воздух. Допустим, что поршень поднимается. Под ним образуется разреженное пространство; клапан *b* открывается упругостью воздуха, заключенного в сосуде *R*, а клапан *a* прикрывается атмосферным давлением (рис. 71). Воздух из колокола *R* входит в цилиндр *C*. Теперь начнем опускать поршень. Сжимающийся воздух своей упругостью закрывает клапан *b*, а клапан *a* открывается (газ в замкнутом сосуде, по закону Паскаля, давит во все стороны), и воздух выходит наружу (рис. 72) и т. д.

Весь воздух удалить нельзя. Между поршнем и дном имеются маленькие промежутки, заполненные воздухом, и при поднятии поршня под ним образуется не пустота, а небольшое давление, которое будет препятствовать воздуху в колоколе *R* приподнимать

клаван *b*. Кроме того клапан *b* обладает некоторым весом, который воздуху придется преодолеть, чтобы войти в цилиндр *C*. На рисунке 73 изображен воздушный разрезающий насос, который соединен двухходовым краном *B* с колоколом *C*, из которого удаляется воздух. В современных усовершенствованных воздушных насосах «вредные» промежутки между поршнем и дном заполняют маслом (масляные насосы).

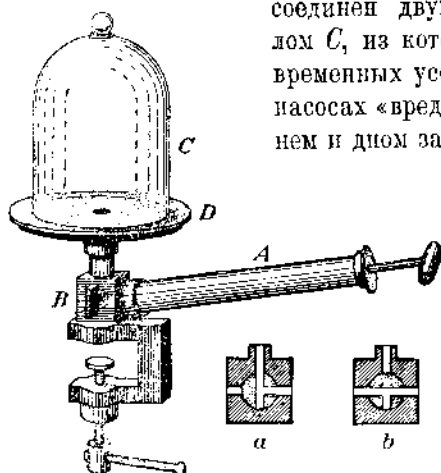


Рис. 73.

Самые усовершенствованные насосы дают возможность разрезать воздух примерно до стомиллионных долей атмосферного давления. Выкачивая воздух из двух металлических полушарий (магдебургские полушария), Герике показал, что усилия нескольких лошадей не в состоянии растащить их (рис. 74).

Но если открыть кран и впустить в полушария воздух, то они разъединяются сами (рис. 75).

Если поставить на тарелку воздушного насоса цилиндр, верхнее отверстие которого затянуто пергаментом, то при выкачива-

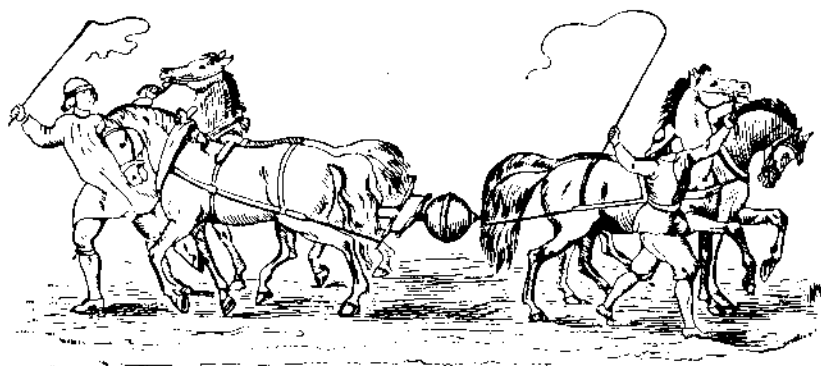


Рис. 74.

нии воздуха пергамент (пузырь) будет прогибаться и, наконец, лопнет с треском.

Не перечисляя весьма многочисленных возможных с насосом опытов, мы остановим внимание лишь на том обстоятельстве, что,

атмосферное давление обнаруживается сейчас же, как только мы сделаем его односторонним. Приложим лист ко рту (рис. 76) и вдыхнем воздух — лист лопается, так как давление снаружи стало больше, чем внутри.

Выше нами уже был рассмотрен механизм дыхательного аппарата, который при рдыхании воздуха может служить моделью

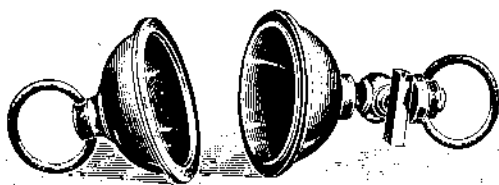


Рис. 75.



Рис. 76.

всасывающего насоса. Полость рта может быть замкнута со всех сторон; в ней заключается определенный объем воздуха. При вдыхании образуется разреженное пространство, и мы можем засасывать воздух в легкие. Повторяя присасывающие движения, можно постепенно выкачать воздух из какого-нибудь сосуда, до разрежения около 6 см ртутного столба.

§ 39. Применение насосов в медицине. В медицине при помощи маленьких поршневых насосов можно уменьшить с терапевтической целью воздушное давление на определенном участке кожи или тела. На рис. 77 изображено уменьшенное давление на целую конечность для достижения искусственной гиперемии (переполнения крови).

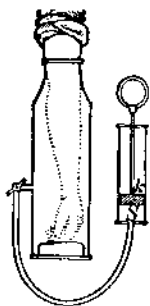


Рис. 77.

§ 40. Нагнетательный насос. Нагнетательный насос (рис. 78) представляет собою цилиндр, в котором отверстие поршня закрывается клапаном *b*, опускающимся вниз. В ту же сторону открывается и клапан *c*. Будем опускать поршень. Воздух сжимается и своей упругостью открывает клапан *c* и закрывает

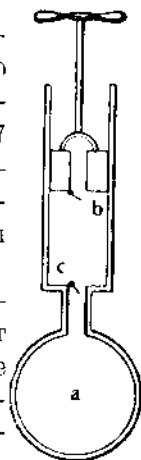


Рис. 78.

клапан *b*. Воздух вгоняется в резервуар *a*. При поднятии поршня под ним образуется разрежение; клапан *c* закрывается и не выпускает сжатый воздух обратно, а клапан *b* открывается атмосферным давлением и наполняет цилиндр новой струей воздуха, и т. д.

Дыхательный аппарат при выталкивании воздуха из легких представляет собою модель такого нагнетательного насоса.

§ 41. Водяной всасывающий насос. Еще в глубокой древности было известно, что вода может подниматься в колодце при поднятии поршня (рис. 79). Греческий философ Аристотель объяснил это явление тем, что «природа боится пустоты» и стремится заполнить ее другим веществом. Во времена Торичелли было установлено, что вода в колодце может подниматься за поршнем лишь на высоту около 10,33 м. Как нам уже известно, Торичелли объяснил это явление атмосфер-

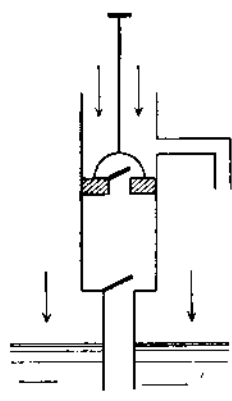


Рис. 79.

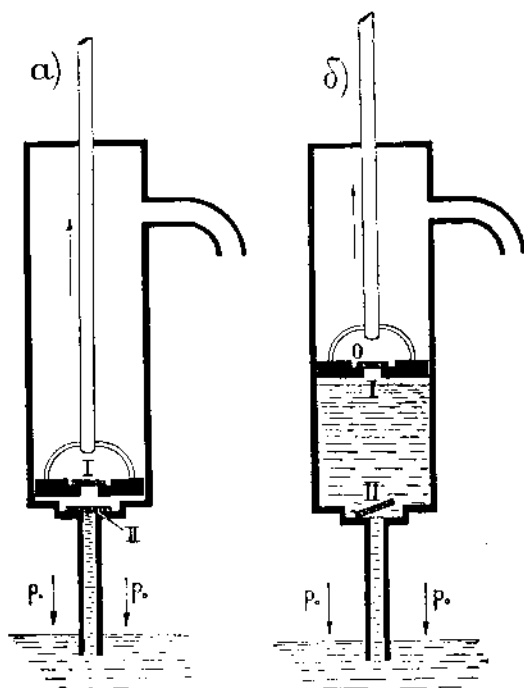


Рис. 80, а и б.

ным давлением и в подтверждение своей мысли произвел знаменитый опыт с ртутью.

Рассмотрим устройство водяного всасывающего насоса. Последний напоминает нам устройство воздушного разрежающего насоса.

Оба клапана (рис. 80, а) поднимаются вверх. При поднятии поршня (рис. 80, б) клапан II открывается (под поршнем образуется разрежение), и вода под давлением атмосферы входит в цилиндр. Когда поршень опускается, клапан I упругостью сжимаемой воды открывается, и вода входит на поршень; клапан II закрывается. При следующем поднятии вода с поршнем достигает отверстия

и выливается. Ясно, что струя такого насоса (колодец) лется лишь при поднятии поршня, т. е. она будет прерывистой.

§ 42. Водяной нагнетательный насос. В нагнетательном водяном насосе, который может доставлять воду на большую высоту (пожарный насос и др.) (рис. 81) при опускании поршня вода вгоняется через клапан *П* в колокол *С*, где сжимает воздух и гонится по трубке *К* вверх. Струя получается непрерывная, так как во время поднятия поршня сжатый воздух продолжает гнать своей упругостью воду из колокола *С*.

§ 43. Принцип насоса в организмах животных. Особенно часто применяется принцип всасывающего и нагнетательного насоса при движении крови. У позвоночных животных кровь течет в замкнутой системе сосудов. Накачивающим аппаратом, приводящим кровь в движение, является огромная полая мышца — сердце.

На рис. 82 изображена левая половина сердца млекопитающего. Если предсердие *а* расширено, то в нем образуется разреженное пространство, и кровь устремляется в него из впадающего в предсердие сосуда *В*. В этот момент желудочек сердца *б* находится в состоянии сокращения, так как из него выбрасывается избыток крови в выводящий сосуд через затвор *д*. Парусовидные клапаны *с*, отделяющие желудочек от предсердия, в это время замыкаются.

Обратное происходит в стадии, изображенной на рис. 83. Здесь предсердие *а* находится уже в состоянии сокращения и вгоняет кровь в желудочек *б*. Последний энергично всасывает эту кровь, так как находится в состоянии расширения, и действует в качестве всасывающего насоса. Его присасывающее действие сказывается не только на крови, выходящей из предсердия, но

и на крови, вошедшей в выводящий сосуд. Этот последний

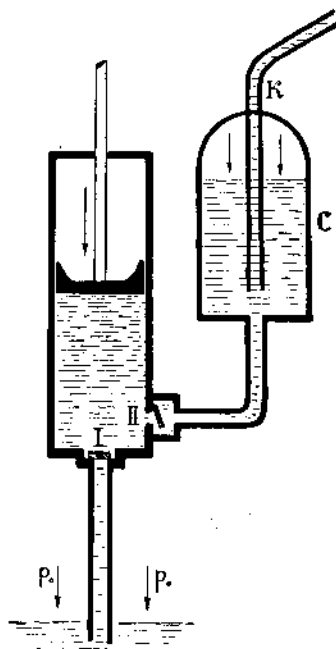


Рис. 81.

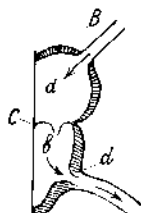


Рис. 82.

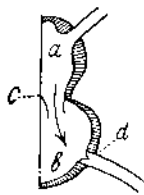


Рис. 83.

наполняет в то же время кровью карманы d клапана и таким образом замыкается; поэтому дальнейший приток крови из выносящего сосуда становится невозможным.

Итак, сердце является очень сложным двойным насосом, который приводится в действие сокращением сердечной мышцы. Дальнейшее направление движения крови поддерживается упругостью стенок кровеносных сосудов, наминающих собой тонкие резиновые трубки, которые, будучи растянуты, стремятся принять нормальный вид и непрерывно толкают кровь дальше.

Если рассмотреть устройство кровообращения у других животных, то можно убедиться, что они имеют соответственные приспособления, благодаря сокращению которых происходит разрежение или уплотнение пространства. Семенные аппараты пчелиной матки и самки муравьев тоже представляют довольно сложные органы, действующие по общему принципу разрезающего и нагнетательного насосов.

§ 44. Приборы, действующие благодаря существованию атмосферного давления. Рассмотрим теперь ряд приборов, действие которых объясняется атмосферным давлением.

Одним из довольно употребляемых приборов является сифон, который представляет стеклянную или резиновую трубку (рис. 84), наполненную той жидкостью, которую нужно перелить из одного

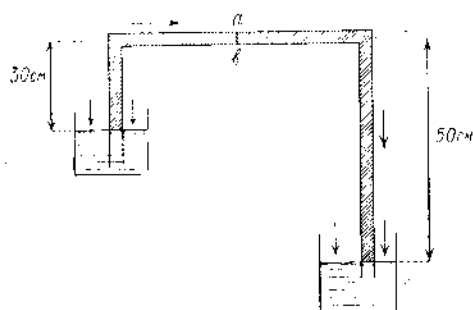


Рис. 84.

сосуда в другой. Представим себе трубку, заполненную ртутью и погруженную в сосуды, также наполненные ртутью. Воздушное давление в состоянии поддерживать столбик ртути в 76 см. В левом колене имеется столбик в 30 см, а в правом — в 50 см. Давление на какой-нибудь слой ab слева будет равно

$76 - 30 = 46$ см, справа $76 - 50 = 26$ см. Следовательно благодаря избытку давления слева слой ртути ab начинает перемещаться в нижний сосуд. Такое же рассуждение можно привести и для любой другой жидкости. Ясно, что если убрать нижний сосуд, то сифон будет продолжать действовать дальше.

§ 45. Применение сифона в медицине. Сифон имеет применение и в медицине, например в холодильнике Лейтера (из-

алюминия или мягкой резины), форма которых приравнивается к охлаждаемым частям тела. На рис. 85 ледяная вода медленно течет из сосуда *A* по системе трубок *K* (в данном случае в виде колпака) в ниже расположенный сосуд *B* и охлаждает голову больного.

Далее сифон употребляется при промывании желудка (рис. 86). Желудочный зонд *ab* вводится через пищевод так, чтобы отвер-

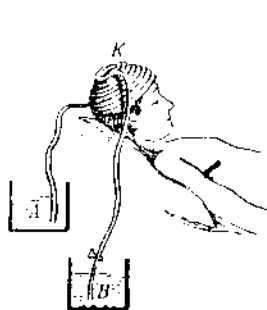


Рис. 85.

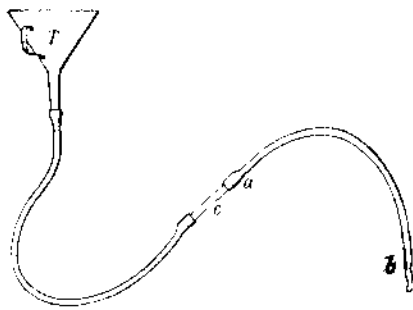


Рис. 86.

стия на конце *b* попали в полость желудка. Опущенная вниз воронка *T* наполняется водой или каким-нибудь раствором и затем медленно поднимается вверх. Жидкость входит в желудок. Если теперь опустить воронку, то жидкость по сифону *ba* потечет обратно в воронку. Вместо стеклянной смывки с часто употребляется маленький насос, чтобы помочь гидростатическому давлению жидкости.

§ 46. Пульверизатор представляет собою две трубки, поставленные под прямым углом (рис. 87). Можно доказать теоретически и путем опыта, что давление в движущемся газе (или жидкости) меньше, чем в покоящемся, при том же внешнем давлении. Если вдвухать воздух через узкое отверстие горизонтальной трубки, то воздух при выходе приобретает большую скорость и давление в нем сильно понижается. Поэтому атмосферное давление гонит жидкость через вертикальную трубку к месту пониженного давления, т. е. к острию горизонтальной трубки. Здесь жидкость распыляется сильной струей воздуха в капли.

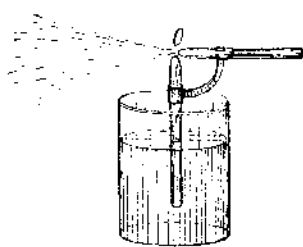


Рис. 87.

§ 47. Применение пульверизатора в медицине. Можно прогонять через трубку *A* водяные пары из котелка *B* и увлекать из

сосуда *M* какуюнибудь-лечебную жидкость. Так устроен часто применяемый при горловых заболеваниях прибор, называемый ингалятором (рис. 88).

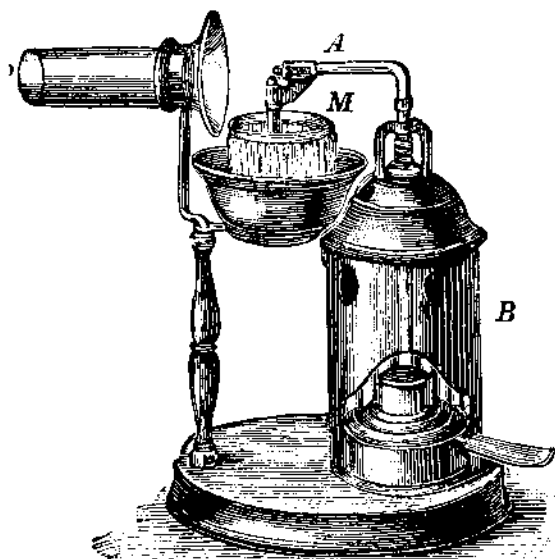


Рис. 88.

§ 48. Пипетки. Если опустить в жидкость нижний узкий конец трубки, открытой с обеих сторон (рис. 89), и зажать пальцем верхнее отверстие, то немного жидкости выливается, над оставшейся образуется несколько пониженное давление, и внешнее атмосферное давление препятствует дальнейшему вытеканию жидкости. Такие пипетки, градуированные на определенный объем жидкости в *куб. см.*, служат удобным приспособлением для быстрого отмеривания и переноса небольших количеств жидкости.

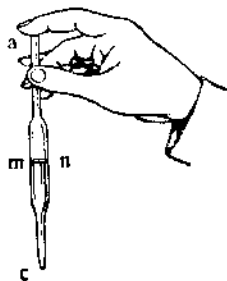


Рис. 89.

§ 49. Применение пипеток в медицине. Пипетки имеют широкое применение в лабораторной практике, например при различных анализах (крови, молока и пр.). Пипетки для точных малых отмериваний, например сыво-



Рис. 90.

ротки, вмещают 1 куб. см и разделены на 100 равных делений (рис. 90).

Часто употребляются в медицине глазные пипетки, снабженные резиновым наконечником (рис. 91). Они могут быть наполнены жидкостью благодаря предварительному сжатию резины и образованию внутри пипетки уменьшенного давления.

§ 50. Шприц представляет собою всасывающий насос, в котором имеется сплошной поршень.

При надавливании на шприц жидкость выталкивается через тонкую иглу с узким капиллярным каналом внутри ее (рис. 92).

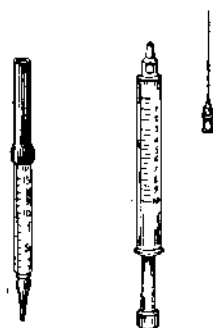


Рис. 91.

Рис. 92.

ГЛАВА VIII.

§ 51. Манометры ртутные. Для определения упругости сжатого или разреженного газа употребляется прибор, называемый манометром.

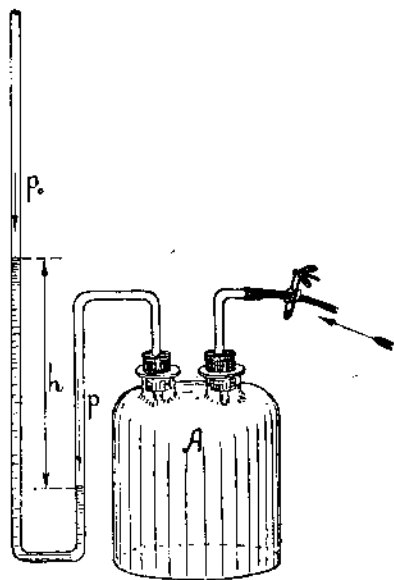


Рис. 93.

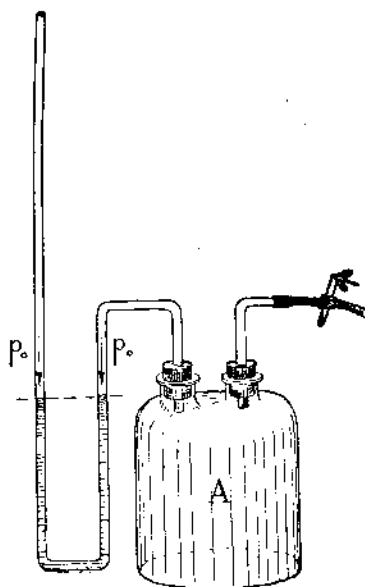


Рис. 94.

1. Открытый ртутный манометр представляет собою сообщающиеся сосуды, в которых при нормальном давлении жидкость

стоит на одном уровне (рис. 93). Если в сосуде А давление увеличивается, то ртуть в левом (открытом) колене поднимается, а в правом опускается (рис. 94). По разности столбов ртути судят о величине давления.

2. **Закрытый газовый ртутный манометр** (рис. 95) представляет собою сообщающиеся сосуды, в которых жидкость первоначально стоит на одном уровне в обеих ветвях; если замкнутый в левом колене объем воздуха сжать вдвое, то он будет под

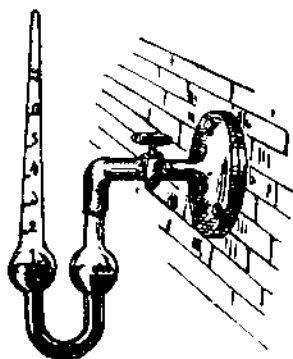


Рис. 95.

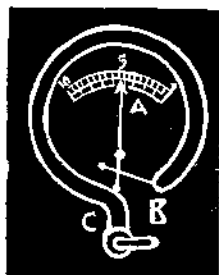


Рис. 96.

давлением двух атмосфер, если втрое — то под давлением трех атмосфер, и т. д. (согласно закону, установленному почти одновременно английским физиком Бойлем и французским физиком Мариоттом, при одной и той же температуре объем газа обратно пропорционален давлению).

§ 52. **Манометр металлический.** Металлический манометр Бурдона представляет собою изогнутую полую трубку (рис. 96), в которую пропускается газ или пар. Давление изменяет кривизну трубки, а последняя перемещает зубчатку и стрелку перед градуированной в атмосферах шкалой.

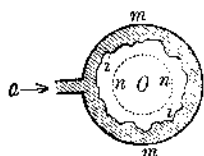


Рис. 97.

§ 53. **Применение манометров в медицине.** В медицине манометры применяются для определения кровяного давления. Для этого либо вскрывается какой-нибудь кровеносный сосуд (у животного) и соединяется с манометром, либо на исследуемый сосуд (у человека) производят снаружи, через особую манжету, давление, измеримое манометром. Затем медленно повышают давление, пока не наступит полное закрытие кровеносных сосудов. Это давление снаружи уравнивает таким образом внутреннее кровяное давление. Сжатие надо производить так, чтобы оно не изменяло

самого кровяного давления. Надеваемая для этой цели манжета (рис. 97) представляет собою полое кольцо, наружная оболочка которого (*mm*) сделана, например, из ремня или твердого каучука. Внутренняя же полость состоит из мягкого резинового мешка, который при нагнетании воздуха в *a*

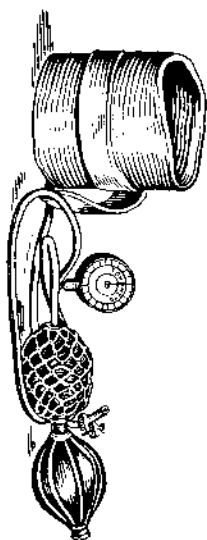


Рис. 98.

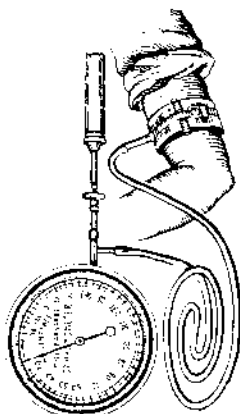


Рис. 99.

расширяется до положения *nn* (изображенного пунктиром) и медленно сдвигает, скажем, палец, находящийся в *O*. Такой прибор, называемый тонометром, соединен одновременно с манометром и показывает величину кровяного давления (рис. 98 и 99).

ОТДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О МЕХАНИКЕ.

ГЛАВА IX.

§ 54. Силы. В главе второй мы познакомились с законом инерции тел и с силами как причинами изменения состояния покоя тела или его прямолинейного равномерного движения. Теперь перейдем к рассмотрению вопроса о сложении и разложении сил. В природе мы постоянно замечаем, что многие тела находятся одновременно под



Рис. 100.

действием нескольких сил. Так, лодка, скользящая по поверхности воды, находится под действием весел, ветра, течения движущейся

воды, трения о воздух и воду и т. д. В результате совокупного действия этих сил лодка имеет лишь одно совершенно определенное движение; силы, действующие по совокупности, складываются и могут, следовательно, быть заменены одной, которую называют равнодействующей. Условимся графически изображать силы отрезками, имеющими определенную длину, пропорциональную величине силы, и определенное направление, соответствующее направлению ее действия. Если, например, отрезок в 0,5 см соответствует силе в 1 кг, то изображенная на рис. 100 стрелка в 3,5 см соответствует силе в 7 кг (рис. 100).

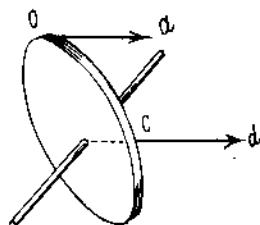


Рис. 101.

Кроме величины и направления мы должны знать еще и точку, в которой приложена данная сила. Действительно, результат действия силы зависит часто от точки приложения силы. Представим себе, что сила oa приложена к колесу, которое может вращаться около неподвижной оси (рис. 101).

Под влиянием этой силы колесо может повернуться. Допустим теперь, что равная ей сила cd действует в том же направле-

нии $\parallel oa$. Сила эта прижмет колесо к его оси и не вызовет движения.

§ 55. Сложение сил. 1. Прицелим к крючку динамометра две гири, одну f_1 в 2 кг, другую f_2 в 3 кг. Пружина, растягиваясь, показывает силу R в 5 кг. Другими словами, равнодействующая двух сил, действующих по одной прямой, в одну сторону, равна их сумме и действует в ту же сторону, т. е. $R = f_1 + f_2$. Пусть AP и AQ — две слагаемых, отрезок AR , по длине равный их сумме (рис. 102), изображает нам равнодействующую.

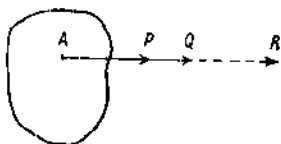


Рис. 102.

2. Положим на стол две дощечки (рис. 103) с грузами и соединим обе доски динамометром. За крючок a зацепим второй динамометр и будем равномерно тащить грузы по доске. Пусть 1-й динамометр показывает силу растяжения $f_1 = 10$ кг, второй силу $f_2 = 25$ кг.

Отцепим второй груз и будем перемещать переднюю дощечку с той же скоростью. Динамометр покажет нам силу $f_3 = 15$ кг, но $f_2 - f_1 = 25 - 10 = 15$ кг. Следовательно $f_3 = f_2 - f_1$, т. е. f_3 есть равнодействующая двух сил, направленных в про-

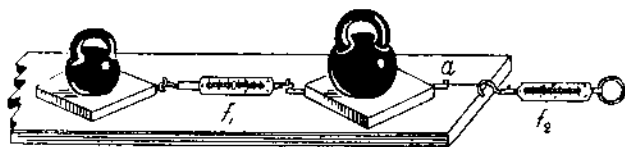


Рис. 103.

тивоположные стороны по одной прямой, равна их разности и направлена в сторону большей силы.

§ 56. Сложение сил под углом. Работа 9. Перекинем веревку через 2 блока (рис. 104). Подвесим с одной стороны гирю в 2 кг, с другой — в 3 кг. Веревка поднимается вверх. перебросим через нее такой груз, чтобы наступило равновесие. Пусть последний груз равен 4 кг. Итак, две силы P и Q действуют на точку A под углом PAQ , складываются в одну равнодействующую, которая равна 4 кг и направлена вверх (так как уравновешивает силу в 4 кг, действующую вниз). Возьмем лист картона, построим на нем угол PAQ и отложим на нем отрезки AP и AQ , пропорциональные силам в 2 кг и 3 кг. Проведем

$PM \parallel AQ$ и $MQ \parallel AP$; получим параллелограмм $APMQ$. Измерим диагональ этого параллелограмма AM ; она содержит 4 единицы. Итак, равнодействующая двух сил, действующих

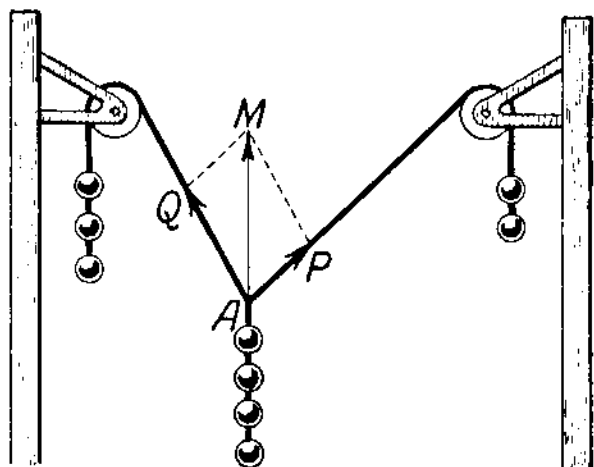


Рис. 104.

под углом, по величине и направлению равна диагонали параллелограмма, построенного на этих силах.

§ 57. Разложение сил. Так как на диагонали параллелограмма мы можем построить сколько угодно параллелограммов, то любую силу мы можем разложить на две слагаемых какими угодно способами (рис. 105, а).

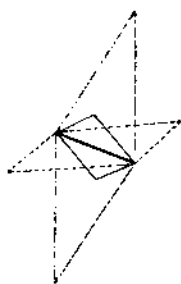


Рис. 105, а.

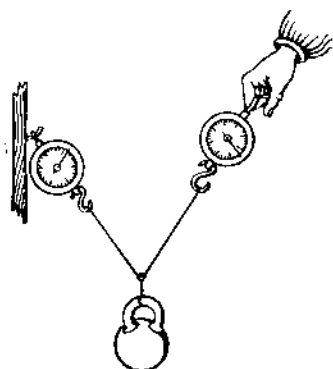


Рис. 105, б.

Привяжем к гире две веревки и присоединим их к динамометрам (рис. 105, б). Изменяя направление веревок (угол между ними), мы увидим, что наш груз может быть удержан двумя

весьма разнообразными силами. Задача разложения силы на две слагаемые становится определенной в 3 случаях: 1) если даны величины слагаемых сил, 2) направление слагаемых сил, 3) величина и направление одной из слагаемых. Пусть на наклонной плоскости (доске) лежит шарик O . Разложим силу веса шарика OP (рис. 106) на

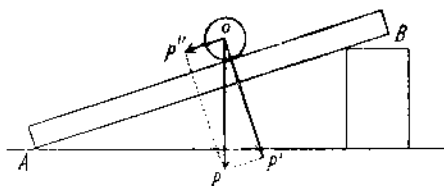


Рис. 106.

две слагаемых по направлению $\parallel AB$ и $\perp AB$. Проведем из P линии $\parallel AB$ и $\perp AB$; получим отрезки OR' и OR'' . Сила OR' производит лишь давление на доску, сила же OR'' есть та, которая заставляет шарик катиться вниз.

§ 58. Сложение параллельных сил. Работа 10. Уравновесим на двух блоках при помощи маленьких грузиков линейку AC (рис. 107) и подвесим к ней с одной стороны 5, а с другой 3 одинаковых груза. Обозначим величины этих сил через f_1 и f_2 . Подберем третий груз F , который уравновесит в некоторой точке B оба груза f_1 и f_2 . Опыт показывает, что F всегда равно сумме $f_1 + f_2$. Расстояния AB и BC относятся между собою обратно пропорционально величинам грузов f_1 и f_2 . Другими словами, равнодействующая двух параллельных сил, действующих в одну сторону: 1) равна

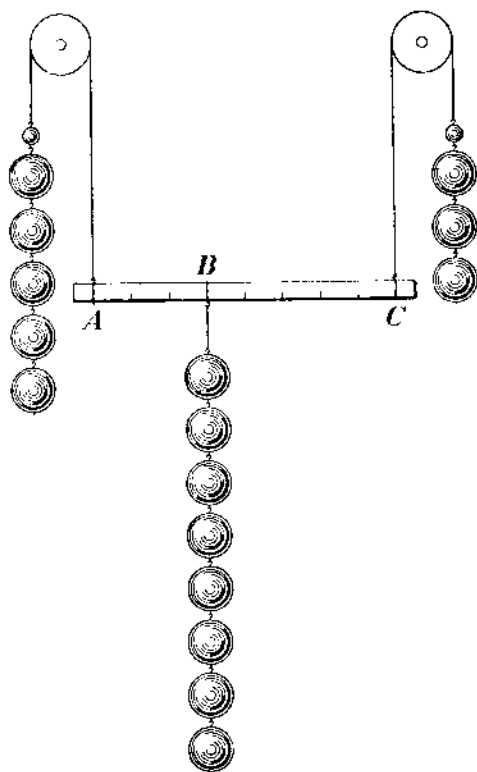


Рис. 107.

сумме слагаемых сил, 2) параллельна им, 3) точка ее приложения B находится на прямой, соединяющей точки приложения слагаемых сил, и де-

литее на части, обратно пропорциональные этим силам:

$$\text{т. е.} \quad \frac{f_1}{f_2} = \frac{BC}{AB}.$$

Если теперь мы примем силы f_1 и F за слагаемые, то f_2 будет их равнодействующей.

На приборе, изображенном на рис. 107, мы можем силы $f_1 = 5$ кг и $F = 8$ кг считать за слагаемые, действующие в противоположные стороны; силу $f_2 = 3$ кг за равнодействующую. Так как сила $f_2 = 3$ равна разности сил $F - f_1 = 8 - 5 = 3$ кг, то: 1) мы заключаем, что равнодействующая двух параллельных сил, действующих в противоположные стороны, равна их разности и направлена в сторону большей силы и параллельна ей. Так как равнодействующая приложена в точке C , расстояния которой до A и B относятся как $8 : 5$, т. е. как $\frac{F}{f_1}$ то 2) заключаем, что точка

приложения равнодействующей отстоит от точки приложения слагаемых сил на расстояниях, обратно пропорциональных действующим силам.

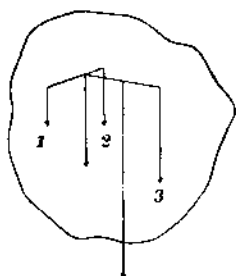


Рис. 108.

§ 59. Сложение нескольких параллельных сил. Если к телу приложено несколько параллельных сил, действующих в одну сторону, то их можно сложить последовательно по правилу сложения параллельных сил (рис. 108). Сначала, например, находят равнодействующую силы 1-й и 2-й, затем их равнодействующую с 3-й силой и т. д. Точка приложения последней равнодействующей называется центром параллельных сил.

ГЛАВА X.

§ 60. Работа 10. В обыденной жизни работой называют самые разнообразные вещи. Физическое понятие работы вполне определено; оно характеризует изменение, произведенное в результате приложения сил. Применять силы приходится всякий раз, когда нужно преодолеть некоторое сопротивление движению. Только движение по инерции происходит без сопротивления, но осуществить такое движение в точности в действительности нельзя. Движение всегда встречает сопротивления, непрерывно

следующие одно за другим по пути тела. При подъеме тела вверх приходится тратить силу на преодоление воздесущей силы тяжести. При движении по земной поверхности в каждой точке имеется трение или сопротивление воздуха. Рабочий, перепиливающий бревно, должен преодолеть большие силы сцепления частиц дерева в каждой точке. Чтобы характеризовать изменение, произведенное той или иной силой, нужно указать не только величину силы, но и длину пути, на котором такая сила действительно применялась. Этот путь достигается только благодаря непрерывной борьбе сил с сопротивлениями. В связи с этим и вводится понятие работы как произведения величины действующей силы на длину пути, который пройден телом под действием силы. Обозначим величину совершаемой работы через R , действующую силу через f , длину пути через S , тогда

$$R = f \cdot S.$$

Надо отчетливо различать действующую силу, вызывающую движение по данному пути, от сил, вообще приложенных к телу. На гладкий шар, катящийся по паркету, все время действует сила тяжести, его вес, но эта сила не вызывает движения, она только прижимает шар к полу, он катится приближенно по инерции, без действия сил, поэтому не совершает работы.

§ 61. Единицы работы. Если сила $f = 1$ кг, путь $S = 1$ м, то $R = 1 \times 1 = 1$ килограммометру. Это и будет практическая единица работы. Если, например, мы поднимаем камень весом в 5 кг на высоту в 10 м, то мы совершаем работу $R = 5 \times 10 = 50$ килограммометрам. Общая работоспособность человеческих мускулов исчислена при 8-часовом рабочем дне для рабочего, обладающего средней силой, в 200 000 килограммометров.

§ 62. Работа сердца. В § 43 мы познакомились с устройством сердца как с весьма совершенным природным насосом и установили, что главной причиной движения крови в организме является сила сердечных сокращений. Самой поразительной стороной в аппарате кровообращения следует признать громадную величину работы, производимую сердечной мышцей. Установлено, что при каждом сокращении левого желудочка в аорту выбрасывается около 80 г крови, при этом с такой силой, что если бы аорты не было, то кровь из сердца ударила бы фонтаном, высотой около одного метра. Итак сокращение левого желудочка дает работу около 0,08 килограммометров. Так как в 1 минуту у взрослого человека желудочек сокращается около 70 раз, а в

сутки около 100 000 раз, то работа, выполняемая им, будет приблизительно равна 8 000 кг-м. Принимая во внимание работу правого желудочка сердца, выталкивающего кровь с силой втрое меньшей, чем левый желудочек, и большой расход на выделение теплоты, можно произвести полный учет всей работы, развиваемой нашим мощным живым двигателем. Полная работа, выполняемая сердцем за сутки, оказывается равной примерно 60 000 килограммометров, т. е. равняется работе поднятия тяжести примерно в 4 пуда на высоту одной версты. Огромная работа, совершаемая сердечной мышцей, только потому не истощается в течение ряда лет, что за каждым сокращением следует расслабление мышцы — отдых. Сокращение сердца длится около $\frac{2}{3}$ секунды, вслед за тем наступает расслабление ее, которое длится приблизительно столько же. Итак, можно сказать, что сердце работает в течение суток 12 часов и 12 часов отдыхает. На примере работоспособности сердца мы убеждаемся в том значении, какое имеет отдых для сохранения работоспособности отдельных органов. Кратковременные паузы, чередующиеся с работой, дают возможность сердечной мышце выполнять без особого ущерба для ее сил громадную и сложную работу. Справедливы слова известного физиолога Ферворна, который называет сердце совершеннейшей из динамомашин.

ГЛАВА XI.

§ 63. Машины. Для совершения той или иной работы человек пользуется не только силой своих мускулов, но и силами природы: ветром, течением воды и т. д. Обычно при поднятии

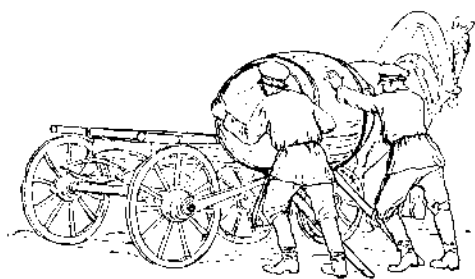


Рис. 109.

грузов, при обработке дерева, металлов, зерна мы не прикладываем рабочую силу непосредственно на данное сопротивление, а передаем ее посредством особых приспособлений: колес, винтов, инструментов, ремней и пр. Так, для поднятия тяжелой бочки и других грузов мы пользуемся на-

клонной плоскостью (рис. 109); для пилки дров — пилой, для поднятия камня — палкой и т. п.

Все эти приспособления для передачи сил называются машинами. Различные, даже очень сложные, машины состоят из

отдельных звеньев, которые носят названия простых машин (рычаги, наклонная плоскость, блоки и др.). Действие всех простых машин сводится к действию двух из них — рычага и наклонной плоскости.

§ 64. Рычаги. Рычаг — это твердый стержень, который может поворачиваться около некоторой точки опоры.

Обопрём палку о твердую подставку (рис. 110) и подвесим к короткому концу ее тяжелый груз P (сопротивление). Надавливая рукой на противоположный конец палки, мы замечаем, что удерживать и поднимать груз при помощи нашего рычага легче,

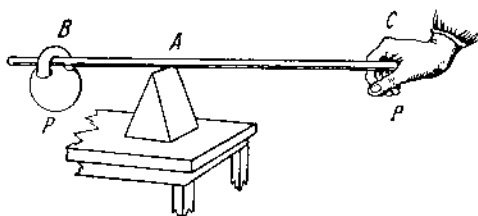


Рис. 110.

чем без него. Точка опоры A лежит между точками приложения действующих сил, и они направлены в одну сторону: такой рычаг называют рычагом первого рода. Расстояния AB и AC от точки опоры до точек приложения сил P и p называют плечами рычага. Установим условия равновесия рычага первого рода. Очевидно, что рычаг будет в равновесии, когда равнодействующая приложенных к нему сил будет проходить через точку опоры A . Так как действующие силы параллельны, то, согласно правилу сложения параллельных сил, условие

будет соблюдено если:

$$\frac{p}{P} = \frac{BA}{AC}$$

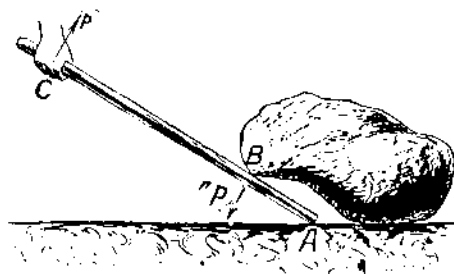


Рис. 111.

Следовательно, рычаг будет в равновесии, когда

величины действующих сил будут обратно пропорциональны длинам плеч.

Допустим теперь, что рычаг ABC имеет точку опоры на его конце A (рис. 111). Действующая сила (давление камня P) имеет точкой приложения B , работающая сила (действие руки) приложена к C и равна p . Здесь мы имеем случай сложения параллельных сил, направленных в противоположные стороны,

такой рычаг называют рычагом второго рода. Условием равновесия будет, следовательно, тот случай, когда равнодействующая будет проходить через точку опоры A и $\frac{p}{P} = \frac{AB}{AC}$ т. е. приложенные силы должны быть обратно пропорциональны длинам плеч. Итак, при помощи рычагов мы имеем возможность преодолевать большое сопротивление, если будем действовать силой на длинное плечо рычага. Если, например, плечо AC (рис. 111) будет втрое больше плеча AB , то, действуя силой p на точку C , мы можем выиграть в силе втрое (силой в 1 пуд поднять груз весом в 3 пуда и т. д.). Нетрудно убедиться, что, с другой стороны, точка приложения действующей силы G совершает путь ровно в три раза больший, чем точка приложения силы B , преодолевающей сопротивление. Длины этих путей всегда обратно пропорциональны величинам действующих сил. Другими словами, действуя на длинное плечо рычага, мы выигрываем в силе, но проигрываем столько же в пути. Произведение из действующей силы на путь, т. е. величина работы на обоих концах машины, есть величина постоянная. Это общий закон не только для рычагов, но и для любой другой машины, которая вообще не уменьшает работу, а лишь видоизменяет ее — трансформирует.

§ 65. Применение рычагов. Рычаги имеют чрезвычайно разнообразное применение. На прилагаемых рисунках (112 — 116, а) нетрудно разобраться, какие рычаги относятся к первому и второму роду, и какие цели преследуются ими в тех или иных случаях.

§ 66. Принцип рычага у человека и животных. В нашем теле имеется свыше 200 костных рычагов. Кости скелета приводятся в действие мышцами, которые обладают способностью укорачиваться до 50 — 60% своей длины. Мышцы действуют на кости посредством сухожилий, передающих подобно шнуру силу тяги на отдаленные места. Рычаги скелета животных производят весьма разнообразные работы. Действительно, задачи применения рычага у животных двоякого рода: с одной стороны, приведение в движение отдельных частей тела, с другой — удержание и размельчение пищи. Одним из главных рычагов у человека является предплечье руки. Главной основой предплечья является локтевая кость, которая соединена как бы шарниром локтевого сочленения с плечевой костью (рис. 117). От лопатки S к предплечью тянется сильно развитая двуглавая мышца b . При сокращении этой мышцы рука сгибается (рис. 118). Вторым



Рис. 112.

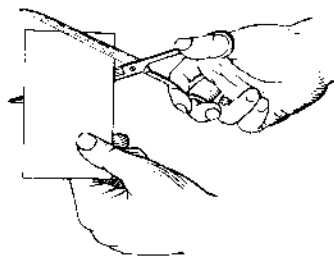


Рис. 114.

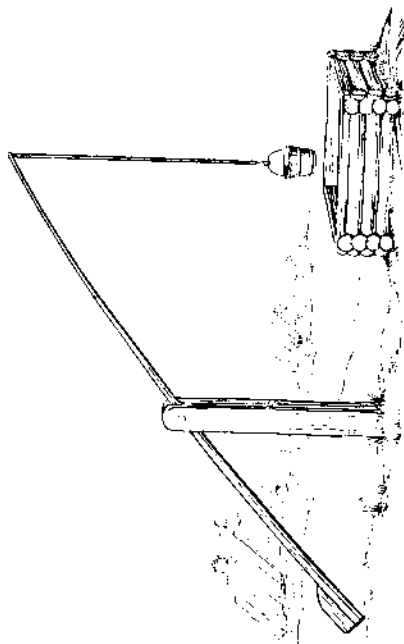


Рис. 116.

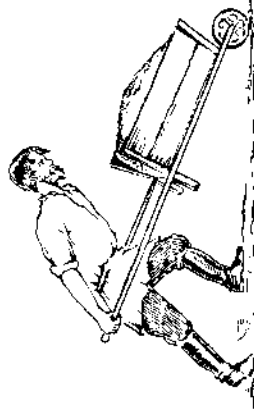


Рис. 113.

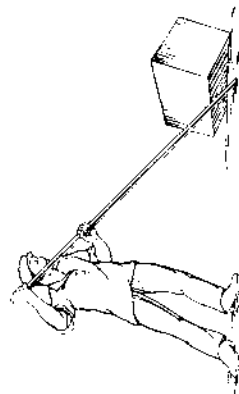


Рис. 115.

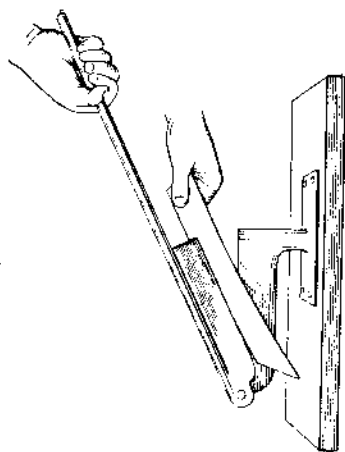


Рис. 116а.

мышца c обуславливает разгибание руки. Таким образом, предплечье представляет рычаг второго рода, с опорой в локтевом сочленении e и с действующими силами K и l . Так как отношение расстояний действующих сил K и $l = 1:12$, то и мышечная сила преодолевает силу в 12 раз большую, чем вес положенного на руку груза. Такое устройство имеет то преимущество, что рычаг при небольшом укорачивании двуглавой мышцы описывает большую дугу, чем и обуславливается большая подвижность наших рук. Кроме указанного рычага в организме человека и животных имеется множество и других рычагов. Обыкновенная ходьба человека сводится, например, к применению бедра и голени в качестве рычагов вто-

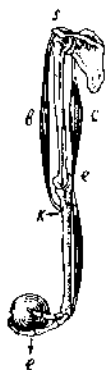


Рис. 117.

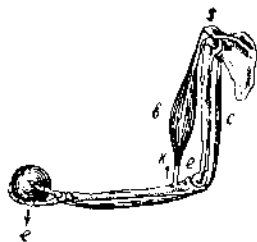


Рис. 118.

рого рода. Описание всех рычажных приспособлений у различных животных могло бы занять многие томы, и мы позволим ограничиться лишь несколькими примерами. Органы передвижения насекомых и их крылья есть не что иное, как приспособления, основанные на принципе рычага.

Кроме передвижения животное пользуется системой рычагов для захватывания, удержания и измельчения пищи. Рассмотрим, например, коготь кошки (рис. 119). Последний прикрепляется к конечным суставам, которые представляют собой короткие косточки s_2 и s_3 , свободный конец которых оттягивается сильными связками m , прикрепленными к предпоследнему суставу, и удерживается в своем положении, пока животное не пожелает воспользоваться им как оружием.

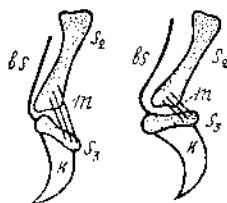


Рис. 119.

Когда кошка хочет пустить в ход когти, то приводит в действие сухожилие bs , которое прикреплено к концу последнего сустава s_3 ее пальцев. Концевые суставы

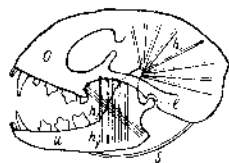


Рис. 120.

пальцев кошки можно считать, таким образом, за рычаг первого рода. Существует громадный ряд самых разнообразных органов, построенных по тому же принципу, как и когти у кошки (клешни у омаров, крабов и т. д.). Жевание пищи у млекопитающих и у хищников требует значительной силы. На рис. 120

мы видим челюсть кошки. Верхняя челюсть O неподвижна, нижняя часть n может вращаться около опоры e и представляет, следовательно, рычаг второго рода. Многочисленные и крепкие мышцы, направленные частью кверху (h_1, h_2, h_3), частью вниз (S), поднимают нижнюю челюсть, развивая огромную силу, которая тем больше, чем короче плечо рычага, т. е. чем ближе к оси лежит пережевываемая пища.

ГЛАВА XII.

§ 67. Мощность и ее измерение. Допустим, что крестьянин должен убрать траву с площади в 1 гектар. Эту работу он может произвести или косой или косилкой. Косилкой можно закончить работу в несколько часов, тогда как, работая косой, надо затратить несколько рабочих дней. Ясно, что работоспособность у машины большая, чем у человека. Работоспособность за единицу времени называют мощностью. Мощность машин, человека, животных выражается в так называемых лошадиных силах. Одна лошадиная сила есть мощность двигателя, который в 1 сек. может совершить работу 75 кг-м. Если машина имеет мощность в 1 000 лошадиных сил, то она способна совершить работу в 75 000 кг-м за 1 секунду.

ГЛАВА XIII.

§ 68. Энергия кинетическая и потенциальная. Представим себе камень, находящийся в покое, и камень летящий. Первый из них не представляет никакой опасности, второй может на своем пути встретить те или иные препятствия и произвести разрушения. Летящий камень обладает способностью совершить работу или, как говорят, обладает запасом энергии. Допустим, что вода падает на водяное колесо (рис. 121), она обладает энергией, приводящей колесо в движение. Энергию движущегося тела называют кинетической энергией. Не трудно убедиться, что тела, не находящиеся в движении, также обладают запасом энергии, только в скрытой форме. Действительно, приподнятый над землей камень готов в любой момент начать падать и совершать работу; вода, приподнятая плотиной, имеет возможность стекать вниз и приводить в движение колеса мельницы. Каменный уголь, дрова, нефть обладают способностью при воспламенении совершать ту или иную работу, обращать воду в пар, приводить в действие паровую

машину, поезд и т. д. Порох при взрыве может произвести большие разрушения; закрученная пружина часов — заставить качаться маятник, и т. д. Запас скрытой энергии различных тел называют энергией потенциальной (возможной) или энергией положения.

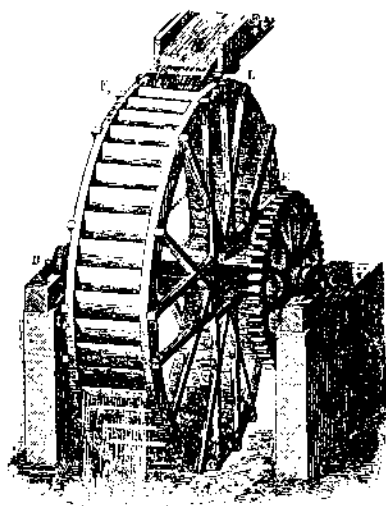


Рис. 121.

§ 69. Превращение энергии.

Бросив камень вверх, мы сообщим ему кинетическую энергию. По мере поднятия вверх скорость движения камня уменьшается, следовательно и убывает его кинетическая энергия. Когда камень поднимается на наибольшую высоту, он приостанавливается; скорость движения становится равной нулю, и кинетическая энергия также. Теперь камень

обладает лишь запасом потенциальной энергии. Камень начинает падать: потенциальная энергия его убывает, зато возрастает энергия движения. Когда камень достигает земли, вся потенциальная энергия превратилась в кинетическую.

Согласно ряду многочисленных наблюдений установлено, что энергия тел никогда не исчезает бесследно, а лишь трансформируется из одного вида в другой. Закон этот носит название закона сохранения энергии и является важнейшим законом из всех наук естествознания, не составляя исключения в области биологии. Взяв любое явление, мы легко можем проследить превращение одного вида энергии в другой. Положим, что мы добываем свет из электрической лампочки. Лучистая теплота, испускаемая лампочкой накаливания, получается за счет электрической энергии тока, текущего по проводам с городской станции. На этой станции электрический ток добывается от электрических «динамо-машин», которые превращают энергию движения магнитов около обмоток машины в энергию электрического тока. Движение оси машины совершается за счет тепловой энергии паровых машин (или нефтяных двигателей), которые заимствуют свою энергию от энергии сжигаемого топлива. Химическая энергия дров, угля и т. д. — результат векового накопления растениями энергии солнечного света.

Здесь — первоисточник запасов энергии на земле. Так, энергия солнечного света посредством ряда превращений проявляется в виде света электрической лампы.

ГЛАВА XIV.

§ 70. Понятие о центре тяжести тел. Каждая мельчайшая частица тела благодаря силе тяжести тянет тело вниз. Все эти силы p_1 p_2 p_3 параллельны (рис. 122) и могут быть заменены одной равнодействующей P , которая равна их сумме и представляет вес данного тела. Точка O , через которую проходит эта равнодействующая, называется центром тяжести тела. Если мы будем изменять положение тела M (сохраняя ее форму), то каждая из слагаемых p_1 , p_2 , p_3 ,... сохранит свою точку приложения, величину и направление; следовательно, при всех положениях тела равнодействующая сила тяжести P будет неизменно проходить через центр тяжести O . Очевидно, что если подпереть тело в центре тяжести, то оно будет в равновесии, и наоборот, если тело находится в равновесии, то направление силы тяжести проходит через центр тяжести.

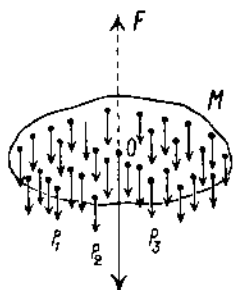


Рис. 122.

§ 71. Определение центра тяжести некоторых тел. Во многих случаях центр тяжести может быть определен математическим вычислением или опытным путем. Центр тяжести однородной прямой палочки находится в ее середине; центр тяжести круга — в его геометрическом центре; весомого треугольника — в точке пересечения его трех медиан, и т. д. Центр тяжести всякого тела, даже неправильной формы, легко определить путем двукратного подвешивания.

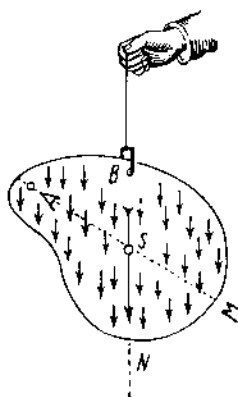


Рис. 123.

§ 72. Работа 11. Определить центр тяжести тела путем подвешивания. Подвесим какое-нибудь тело за точку B (рис. 123) и дадим ему успокоиться. Отметим при помощи отвеса направление силы тяжести BN . Подвесим теперь тело за точку A , и пусть новое направление силы тяжести будет AM . В обоих случаях, как мы знаем, направление силы тяжести, при равновесии, должно проходить через центр тяжести, т. е. точку S , где пересекаются линии AM и BN .

§ 73. Три возможных случая равновесия тел. Если тело выводится из положения равновесия, то возможны следующие три случая: 1) тело снова возвращается в свое первоначальное состояние равновесия — равновесие устойчивое; 2) тело продолжает двигаться (падать) — равновесие неустойчивое; 3) тело остается в равновесии и в своем новом положении — равновесие безразличное.

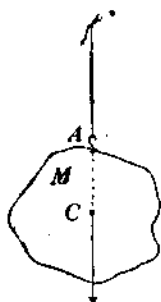


Рис. 124.

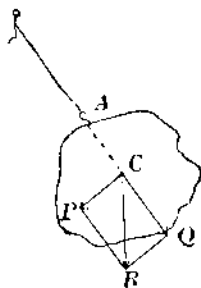


Рис. 125.

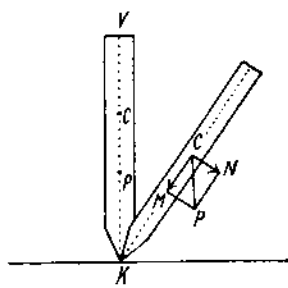


Рис. 126.

1) Представим себе тело M , подвешенное в точке A (рис. 124). Отклонив его в новое положение (рис. 125), мы замечаем, что тело снова стремится занять свое первоначальное положение. Разлагая силу веса CR на две слагаемых, CP и CQ , мы замечаем, что вторая сила CQ уравнивается натяжением нити, тогда как первая — CP стремится возвратить тело в его прежнее положение равновесия. Итак, когда центр тяжести тела C лежит ниже точки опоры, то мы имеем случай равновесия устойчивого. Если вообще тело может перемещаться под влиянием силы тяжести, то оно будет двигаться до тех пор, пока его центр тяжести не займет самого низкого возможного положения.

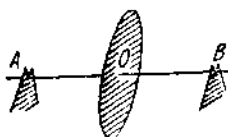


Рис. 127.

2) Представим себе карандаш, опирающийся острием на стол (рис. 126); малейшее отклонение центра тяжести от вертикального направления, проходящего через точку опоры, вызывает его дальнейшее падение. Разлагая силу веса CP на две слагаемые CM и CN , мы снова замечаем, что первая слагаемая CM уравнивается в опоре K , тогда как вторая — CN тянет тело в ту сторону, куда оно первоначально отклонилось. Итак, когда центр тяжести лежит выше точки опоры, тело находится в равновесии неустойчивом.

3) Проткнем картонный диск иглой через центр O и поло-

жим концы иглы на подставки *A* и *B* (рис. 127). При правильности диска он будет находиться в равновесии в любом положении при любом повороте. Здесь центр тяжести *O* совпадает с опорой — и равновесие безразличное.

§ 74. Равновесие тела, опирающегося на горизонтальную плоскость. Возьмем брусок дерева в форме параллелепипеда

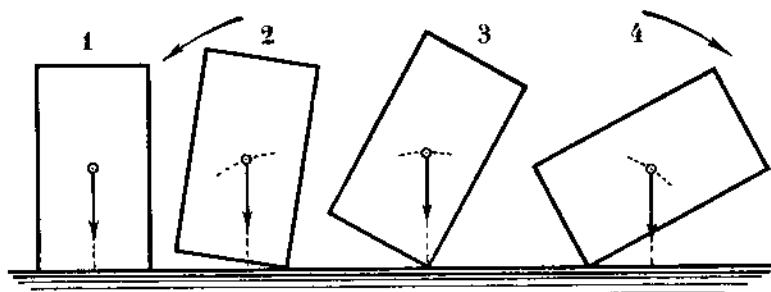


Рис. 128.

и подвесим на нем, против центра тяжести, маленький отвес (рис. 128/1).

Начнем постепенно отклонять его из положения равновесия (рис. 128/2, 128/3). Пока угол отклонения невелик, и направление отвеса проходит внутри плоскости опоры, тело находится еще в состоянии равновесия устойчивого. При дальнейшем его отклонении (рис. 128/3) центр тяжести занимает наиболее высокое положение, направление отвеса проходит через единственную точку опоры, и тело оказывается в положении неустойчивого равновесия. При малейшем отклонении оно начинает падать в сторону отклонения, и отвесное направление проходит уже вне плоскости опоры (рис. 128/4).

Итак, тело находится в устойчивом равновесии до тех пор, пока отвесная линия из его центра тяжести проходит внутри плоскости опоры.

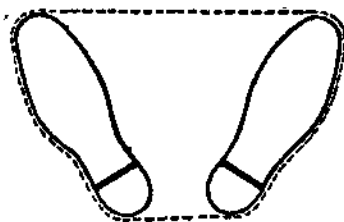


Рис. 129.

Так, человек, не передвигая ног, может наклоняться лишь до тех пор, пока отвесная линия из его центра тяжести проходит внутри площади опоры, занимаемой ступнями и промежутком между ними (рис. 129).

Если носильщик берет груз в левую руку, то центр тяжести подается влево, и отвесная линия может выйти из пространства.

занимаемого ступнями его лог; поэтому носильщик, чтобы не упасть, должен наклониться вправо (рис. 130). Отсюда понятно, что, неся груз на спине, мы невольно нагибаемся вперед (рис. 131). Нужна большая ловкость, чтобы удержаться в равновесии на канате; поэтому акробаты часто пользуются шестом или зонта-



Рис. 130.



Рис. 131.

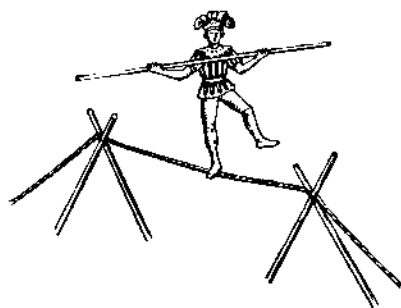


Рис. 132.

ком, перемещением которых в ту или иную сторону они заставляют отвесную линию из центра тяжести проходить неизменно через канат (рис. 132).

§ 75. Центр тяжести человека. Для определения центра тяжести тела человека уравнивают длинную доску на ребре трехгранного бруска (рис. 133). На доску кладут человека на спину, с вытянутыми руками, и передвигают до тех пор, пока доска не уравнивается. Центр тяжести будет точно над ребром бруска (на рисунке помечено крестиком). Конечно центр тяжести



Рис. 133.

человека меняется при всяком изменении положения конечностей, при сгибании туловища и даже при полном покое вследствие дыхания и

циркуляции крови. Можно так изогнуть наше тело, что центр тяжести окажется и вне его. Для изучения механизма движения животных знание положения центра тяжести отдельных членов является существенно необходимым и сравнительно легко определяется на замороженных частях трупа.

ГЛАВА XV.

§ 76. Центробежная сила. Представим себе груз A , висающий на шнуре (рис. 134). Толкнем груз в направлении AB . Если бы он был свободен, то, по закону инерции, груз стал бы двигаться

прямолинейно и равномерно; но груз привязан к шнуру, который не дает возможности телу A отойти от O больше, чем на расстояние OA . В результате тело A начинает вращаться вокруг центра. Сила f_1 , приложенная к грузу A и направленная к центру, называется центростремительной силой. Тело A стре-

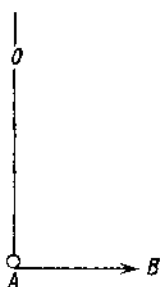


Рис. 134.

мится двигаться благодаря инерции по касательной к кривой AA_1 (рис. 135), и тянет с силой f_2 центр O в противоположную сторону. Эту силу называют центробежной. Сила f_1 всегда уравновешена силой f_2 : другими словами: центробежная сила всегда равна силе центростремительной. Итак, при всяком криволинейном дви-

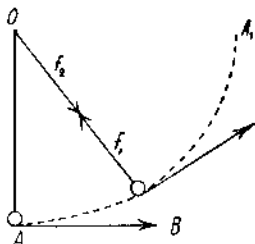


Рис. 135.

жении, а следовательно и при движении по кругу, имеются силы, заставляющие тело изменять направление пути. Трамвай или поезд на поворотах пути производят давление на рельсы с силой центробежной; в свою очередь рельсы (приподнятые с наружной стороны закругления) производят давления на колеса с силой центростремительной. Стремление тел, находящихся в криволинейном движении, двигаться по инерции прямолинейно называется, например, в том случае, когда камень срывается с веревки или комок грязи с колеса велосипеда, и летят по направлению касательной к своему криволинейному пути. При беге по кругу или езде верхом мы наклоняемся к центру круга (рис. 136), иначе наше тело должно было бы опрокинуться, как как корпус по инерции стремится двигаться по касательной к дуге, а следовательно уклоняется в сторону внешнюю по отношению к пробегаемому кругу. Положением нашего тела мы создаем ту центростремительную силу Z , благодаря которой движение по кругу становится возможным.

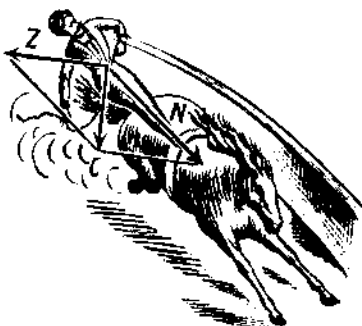


Рис. 136.

§ 77. Центробежная машина. Для исследования круговых движений можно воспользоваться так называемой «центробежной машиной» (рис. 137), дающей возможность получать быстрое вращение. Два колеса A и B соединены бесконечным ремнем. При

вращении большого колеса маленькое *B* совершает большое число оборотов.

Работа 12. Насадим на ось маленького колеса *B* прибор, изображенный на рис. 138. Шарик *c* может скользить по оси *ab*

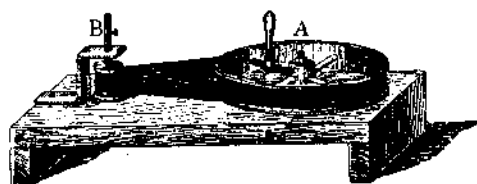


Рис. 137.

и задерживается пружиной, мешающей ему приблизиться к краю рамы. Чем быстрее будем вращать шарик, тем сильнее он давит на пружину и тем дальше он отходит от оси вращения; итак, центробежная

сила тем больше, чем больше скорость вращения тела. Посадим на ось машины прибор, изображенный на рис. 139, и поместим два однородных, но различного веса шарика и на одинаковом расстоянии от оси. При одинаковой скорости их вращения большой шарик перетягивает вправо

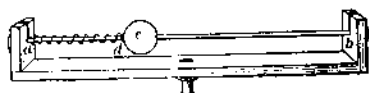


Рис. 138.

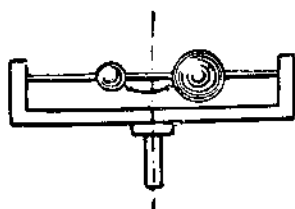


Рис. 139.

маленький. Другими словами: центробежная сила тем больше, чем больше масса вращающегося тела.

§ 78. Центрифуги. Взвешенные в какой-либо жидкости твердые частицы вследствие большого трения о жидкость опускаются

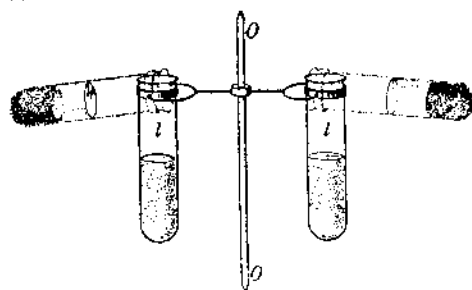


Рис. 140.

на дно очень медленно. Если такую жидкость быстро вращать с помощью центробежной машины в так называемой центрифуге, то центробежная сила значительно превосходит вес частичек, чем и объясняется их быстрое оседание. Такие центрифуги часто применяются в сахарном производ-

стве, в молочном хозяйстве, крахмальном производстве и т. д. Весьма существенную пользу оказывают центрифуги при бактериологических и физиолого-химических исследованиях, например, для

отделения кровяных телец от сыворотки и т. д. Пробирки с жидкостью при быстром вращении центрифуги становятся в положение, указанное на рис. 140 пунктиром. Так как центробежная сила увеличивается вместе со скоростью вращения, то при большом числе оборотов в минуту (2 000 — 3 000) требуются особые меры предосторожности, так как трубки могут лопнуть и содержимое разбрызгаться и разнести, например, инфекцию.

ОТДЕЛ ПЯТЫЙ.

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

ГЛАВА XVI.

§ 79. Выравнивания температуры. Теплопроводность тел.

Рассмотрим возможные в природе способы обмена теплотой.

Теплопроводность. Поместим в пламя горелки конец металлической проволочки (рис. 141). Мы скоро заметим, что теплота переходит постепенно от слоя к слою и достигает наших пальцев: держать проволочку становится больно. Такой способ распространения теплоты называют теплопроводностью. В этом случае

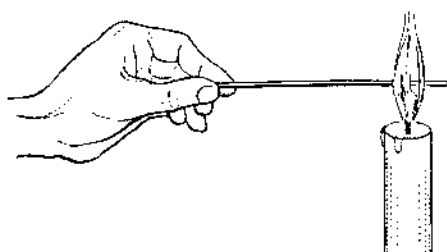


Рис. 141.

все тело нагревается постепенно. Лучшей теплопроводностью обладают твердые тела, а из них на первом месте стоят металлы.

Работа 13. Поместим в ванну, наполненную кипящей водой (рис. 142), ряд стерженьков, на наружных концах которых прикреплены восковые шарики. Нетрудно убедиться, что шарики постепенно отпадают в такой последовательности: сначала на стерженьке из меди, затем — латуни, железа, свинца. На стеклянном же и деревянном стерженьках шарики держатся и не отпадают. Итак, из твердых тел плохой теплопроводностью обладают дерево, стекло, каучук и т. д.

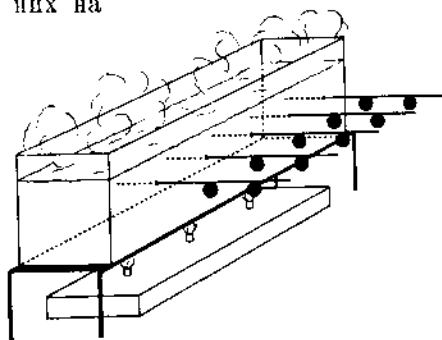


Рис. 142.

Теплопроводность жидкостей, за исключением ртути, вообще невелика.

Работа 14. Нагреем воду в пробирке сверху и доведем ее до кипения (рис. 143). Можно ли держать в руках пробирку за нижний ее конец?

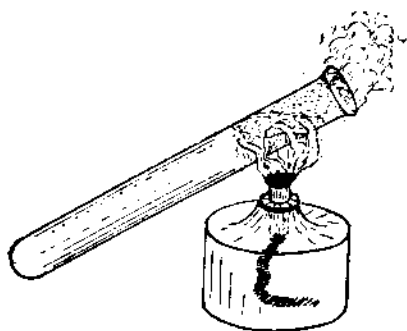


Рис. 143.

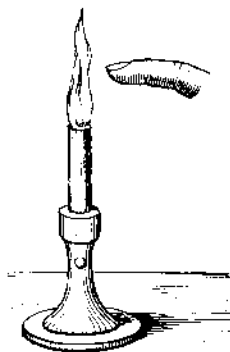


Рис. 144.

Газы еще менее теплопроводны, чем жидкости. Можно поднести палец к пламени свечи и не испытывать никакой боли (рис. 144). Теплая одежда, шубы, конечно, не согревают наше тело, но обладают дурной теплопроводностью, между волосками шерсти, волокнами ваты заключено много воздуха, чрезвычайно затрудняющего переход тепла нашего тела наружу и обратно.

§ 80. Конвекция (перенос).

Работа 15. Нальем воду в колбу и насыплем в нее древесных опилок. Будем подогревать колбу снизу (рис. 145). Мы замечаем перемещение нагретой воды вверх и опускание холодных ее частиц вниз. Термометр, погруженный в колбу, обнаруживает довольно быстрое нагревание всей жидкости. Такой способ распространения теплоты путем передвижения нагретых слоев называется конвекцией.

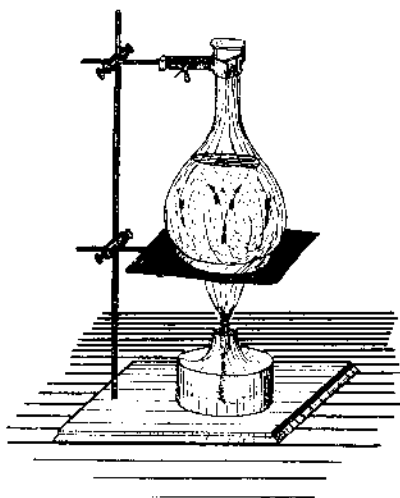


Рис. 145.

Очевидно, что конвекцией теплота может распространяться

лишь в жидких и газообразных телах, где молекулярные связи позволяют частицам свободно перемещаться.

Работа 16. Благодаря конвекции горячий воздух распространяется

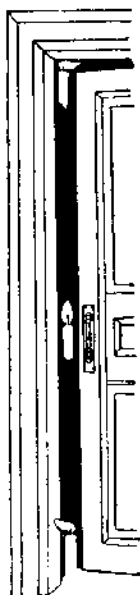


Рис. 146.

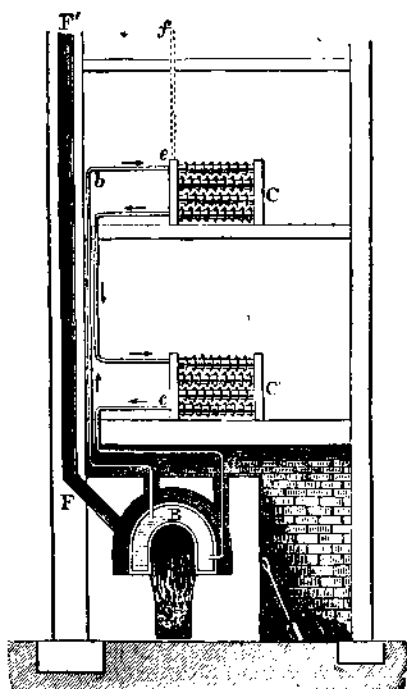


Рис. 147.

в комнате вверх, а холодный воздух опускается. Такие воздушные токи нетрудно обнаружить при помощи свечи, помещая ее у открытой двери — внизу, посредине и наверху (рис. 146). На конвекционных токах основано устройство центрального водяного отопления (рис. 147).

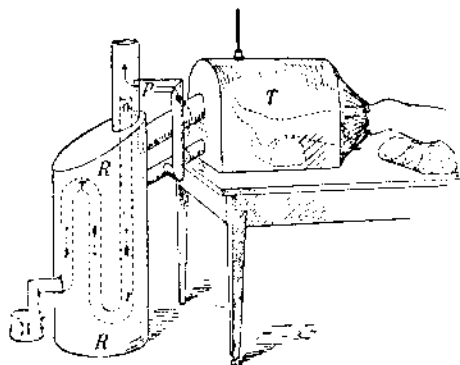


Рис. 148.

Для терапевтических целей иногда приходится подвергать отдельные части тела действию струи горячего, сухого воздуха. На рис. 148 изображен один из таких приборов для получения горячего воздуха.

Из котла W идет горячий водяной пар, который проходит через трубу r , нагревает воздух в цилиндре R и гонит его в ка-

меру T . Таким образом горячие конвекционные токи воздуха циркулируют около больной конечности. Удаляющийся через отверстие σ водяной пар увлекает вместе с собой наружу влагу, образующуюся в камере T от потения.

Конвекция в грандиозных размерах проявляется и на самом земном шаре. Воды океанов и морей образуют сильные потоки — «морские течения», играющие большую роль в климатических условиях стран (например, мягкий климат Англии и Западной Европы зависит от теплого течения Гольфштрема). От конвекционных воздушных токов происходят ветры. Существуют постоянные ветры, так называемые «пассаты»: на экваторе образуется восходящий ток теплого воздуха, который направляется к полюсам (верхний пассат), этот воздух на полюсах охлаждается и опускается опять к экватору (нижний пассат).

§ 81. Лучеиспускание. Уравнивание температур между телами может происходить еще путем лучеиспускания. Если мы поместим два тела в пустоту, где ни теплопроводность ни конвекция осуществиться не могут, тепловой обмен между телами все же происходит. Примером могут служить земля и солнце. Между границами их атмосфер лежит пустое пространство около 150 миллионов километров. Тем не менее всем хорошо известно, что солнце и его энергия служат источником жизни и тепла на земле. Здесь передача тепла происходит посредством лучей.

От открытой топки печи в лицо дышит нестерпимым жаром. Если мы закроемся хотя бы листом картона, то жар станет меньше. Очевидно, что воздух, окружающий наше тело, не нагрет до такой высокой температуры; жар печи действует на нас лучами. Установлено, что греют не только лучи, видимые для глаз, но и невидимые. Горячий утюг, находящийся вблизи термометра, нагревает последний, хотя видимых лучей он и не испускает. Всякое тело, холодное и горячее, при любых условиях, испускает и поглощает лучи. Поглощение и испускание лучей зависит от характера поверхности тела. Предметы, имеющие черную поверхность, хорошо поглощают лучи и испускают их; тела, имеющие белую поверхность (особенно полированную), лучше отражают. Оттого летом большей частью носят белые ткани.

ГЛАВА XVII.

§ 82. Измерение температуры тел. Для измерения степени нагретости тел — температуры — служат приборы, называемые термометрами. Измерение температуры возможно лишь

потому, что при соприкосновении тел происходит обмен тепла. В природе теплота переходит всегда от тела более нагретого к более холодному, пока их температура не уравнивается. В § 15 мы познакомились уже с расширением тел от нагревания. Последним свойством пользуются обычно для устройства термометров, т. е. приборов, дающих возможность измерять степень нагретости тел.

Первый термометр был изобретен в конце XVI столетия Галилеем, который воспользовался сначала расширением воды, а затем вина. Ученик Галилея, тосканский герцог Фердинанд, ввел для этой цели употребление спирта, а в 1643 г. Кирхер заменил его ртутью. В настоящее время обычно пользуются термометрами или ртутными или спиртовыми.

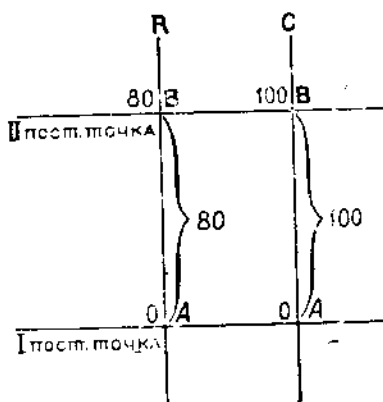


Рис. 149.

§ 83. Постоянные точки термометров. Термометры устроятся следующим образом: на конце очень тонкой (капиллярной) стеклянной трубки выдувают шарик. Шарик и часть трубки наполняют ртутью, доводят ее до кипения, чтобы выгнать из нее воздух и пары воды; после этого трубочка запаивается. В трубке получается безвоздушное пространство. Чтобы нанести деления на термометре, опускают прибор в тающий лед и оставляют его до тех пор, пока столбик

ртути не перестанет понижаться. На шкале термометра отмечают положение ртути в трубке, — это будет первая постоянная точка, которая называется «точкой таяния льда». Затем переносят прибор в пары кипящей воды. Ртуть расширяется и устанавливается около второй постоянной точки, называемой «точкой кипения воды». Расстояние между постоянными точками *A* и *B* (рис. 149) делят на равные части, которые называются градусами. Французский физик Реомюр отметил первую постоянную точку цифрой 0, вторую — 80 и разделил расстояние *AB* на 80 равных частей. Шведский ученый Цельсий отметил эти точки цифрами 0 и 100 и разделил расстояние *AB* на 100 равных частей. В настоящее время все научные измерения температур ведут по шкале Цельсия, так как эта шкала десятичная. В обыденной жизни для измерения температуры поль-

зуются часто до сих пор термометром Реомюра, который, однако, постепенно отживает свой век.

Чтобы перевести градусы Реомюра на градусы Цельсия или наоборот, запомним, что 80 делений R равны 100 делениям C, следовательно, одно деление R равняется $\frac{100}{80} = \frac{5}{4}$ делениям C.

Пусть, например, требуется перевести $20^{\circ} R$ в градусы C. Умножим 20 на $\frac{5}{4}$, получим $25^{\circ} C$.

§ 84. Температура тела животных. Температуры тела млекопитающих и птиц постоянно и обычно выше окружающей среды. У птиц температура выше (от $+39,4^{\circ}$ до $+43,9^{\circ} C$), чем у млекопитающих (от $+35,5^{\circ}$ до $+40,5^{\circ} C$). У людей температура утром

ниже, а вечером выше. Температура измеряется обычно в какой-либо ограниченной со всех сторон полости тела: в подмышечной впадине, под языком закрытого рта или в прямой кишке. Средняя температура в подмышечной впадине достигает $+36,8^{\circ} C$, в полости рта $+37,2^{\circ} C$, в прямой кишке $+37,5^{\circ} C$. Следовательно температура в различных местах организма различна. При болезненном состоянии температура у человека поднимается иногда до $+42^{\circ}$ и падает до $+35^{\circ} C$. В исключительных случаях наблюдается еще более высокие или низкие температуры.

§ 85. Максимальный медицинский термометр. Медицинский термометр должен иметь деления от 35° до $42—43^{\circ}$. Каждый градус должен быть разделен на десятые части. Наиболее употребительны термометры с сужением. На рис. 150 изображен термометр, в котором канал *a*, идущий от резервуара, имеет сужение, через которое ртуть проходит лишь при нагревании. При охлаждении столбик ртути отрывается в узком



Рис. 150. место от остальной массы ртути и сохраняет свое положение в канале, указывая максимальную

температуру, до которой поднялась ртуть. На рис. 151 изображен другой тип медицинского термометра, где капиллярная трубочка разделена на два узких канала *k*. Разумеется, и оторванный столбик ртути в капилляре сжимается при охлаждении, однако сжатие так мало, что практически незаметно. Когда оторванный столбик помощью отряхивания термометра соединяется с осталь-



Рис. 151.

ной ртутью резервуара, то при охлаждении или нагревании перемещение столбика ртути показывает изменение объема всей ртути, поэтому оно столь значительно.

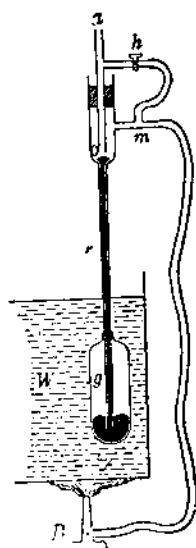


Рис. 152.

§ 86. Термостаты. При бактериологических, ботанических и других работах часто бывает необходимо поддерживать определенную, постоянную температуру какого-нибудь пространства. Приборы, служащие для этой цели, носят название термостатов. На рис. 152 мы видим схему одного из таких термостатов. Резервуар *g* содержит воздух, который замкнут ртутью, заполняющей и трубочку *t*. Струя светильного газа направляется из *a* через отверстие *o* в трубочку *t* к горелке *B*. При нагревании воды в сосуде *W* воздух в *g* расширяется, ртуть поднимается по трубочке *t* и уменьшает приток газа через отверстие *o*. Вследствие этого уменьшается сила пламени горелки *B* и температура жидкости в *W*. Чтобы поднимавшаяся ртуть не прекратила совсем доступа газа к горелке и пламя не потухло, устраивают кран *h*, который слегка открыт и пропускает в горелку минимальное количество газа.

Поднимая или опуская трубку *ao*, можно установить термостат на любую температуру и поддерживать ее с точностью до $0,1^{\circ}$.

ГЛАВА XVIII.

§ 87. Понятие о калории. Если мы раскалим гвоздь добела, то несмотря на его высокую температуру он не в состоянии нагреть нам комнату. Наоборот, бак с горячей водой (или радиаторы центрального водяного отопления), имеющий гораздо более низкую температуру, произведет соответствующее нагревание. Очевидно, что тепловой запас раскаленного гвоздя меньше, чем такой запас у бака с горячей водой. Теплоты в теле может быть больше или меньше. Мы можем установить единицу для измерения количества теплоты. В физике принято считать за единицу количества теплоты малую калорию. Малая калория, это — такое количество теплоты, которое нужно израсходовать, чтобы нагреть 1 г воды на 1°C . Для нагревания 1 кг воды на 1° требуется 1 000 малых калорий, или, как говорят, 1 большая калория (1 кг калорий).

§ 88. Расчет теплоты. Установим формулу для вычисления

количества теплоты, которое потребуется для нагревания m г воды от температуры t_1° до t_2° .

Для нагревания 1 г на 1°C требуется 1 малая калория.

» » m » » 1° » » m малых калорий.

» » m » » $(t_2 - t_1)^\circ$ » $m(t_2 - t_1)$ » »

Обозначим это количество теплоты через q , тогда $q = m(t_2 - t_1)$ малых калорий.

§ 89. Удельная теплота. Калориметр. Для нагревания 1 г различных веществ на 1° требуется различное число калорий.

Так, для нагревания 1 г меди требуется 0,1 мал. кал.

» » 1 г спирта » 0,6 » » и т. д.

Количество теплоты, необходимое для нагревания 1 г вещества на 1° , называется удельной теплотой вещества и обозначается буквой C .

Для определения удельной теплоты тела и вообще для измерения прихода или расхода теплоты употребляются приборы, называемые калориметрами.

Калориметр (calor — теплота) представляет собою металлический стакан KK' (рис. 153), вставленный в другой такой же стакан LL' . На дно последнего положена подставка PP' из теплопроводного вещества (дерево, стекло). Слой воздуха, находящийся между стаканами, также предохраняет внутренний сосуд от обмена теплотой с окружающими предметами. Часто наружный сосуд делается полированным для отражения тепловых лучей. В стакан помещают термометр T и мешалку M .

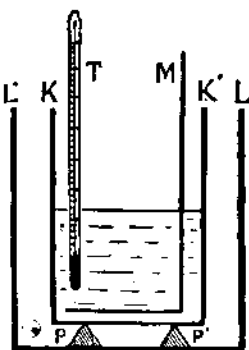


Рис. 153.

В калориметре можно произвести довольно точный расчет количества теплоты, отдаваемой или получаемой каким-нибудь телом.

Вольем в калориметр m_1 г воды при температуре t_1° , а затем еще m_2 г воды при t_2° . Если $t_2^\circ > t_1^\circ$, то горячая вода отдает некоторое количество калорий, а холодная их получает. Обозначим температуру смеси через t_x .

Произведем расчет:

приход теплоты $q_1 = m_1(t_x - t_1)$

расход » $q_2 = m_2(t_2 - t_x)$

Если теплота нигде не терялась, то

$$q_1 = q_2.$$

Следовательно:

$$\begin{aligned} m_1(t_x - t_1) &= m_2(t_2 - t_x), \\ m_1 t_x - m_1 t_1 &= m_2 t_2 - m_2 t_x, \\ m_1 t_x + m_2 t_x &= m_1 t_1 + m_2 t_2, \\ t_x(m_1 + m_2) &= m_1 t_1 + m_2 t_2, \\ t_x &= \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}. \end{aligned}$$

По этой формуле (правило физика Рихмана) можно произвести расчет и узнать температуру смеси, а на опыте с калориметром можно убедиться, что термометр показывает температуру смеси, очень близкую к высчитанной нами заранее.

§ 90. Калориметрическая бомба. Калориметрический метод имеет очень широкое применение. Укажем, например, на способ сжигания органических веществ в калориметрической бомбе Бергго, дающей возможность определить теплотворные способности топлива, пищевых продуктов (рис. 154).

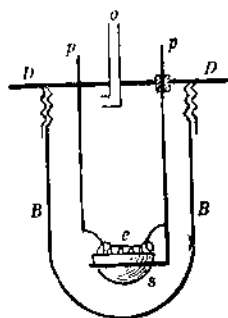


Рис. 154.

Внутри металлической бомбы *B* помещается вещество, предназначенное для сжигания в платиновой чашке *s*. Через трубку *O* нагнетается кислород до 25 атмосфер. Весь прибор герметически закупорен и помещен в большом калориметре. Вещество зажигается железной спиралью *e*, накаливаемой электрическим током, и сгорает в бомбе. Таким методом удалось определить теплоту сгорания различных веществ.

Так как человеческий организм для поддержания постоянной нормальной температуры, а также для своей работы, нуждается подобно всякой машине в топливе, а топливом для него является пища, то весьма важно знать теплотворную способность различных пищевых веществ. Калориметрическим методом установлено, например, что 1 г черного хлеба дает при сгорании приблизительно 3 больших калорий, 1 г шоколада дает приблизительно 14 больших калорий и т. д.

§ 91. Применение калориметра в биологии. Существуют так называемые «биологические калориметры», представляющие большую камеру *B*, внутрь которой помещают животное или человека. Промежуточное пространство между металлическими оболочками *K* и *M* калориметра герметически закрыто и сообщается с манометром *m* (рис. 155). Весь прибор представляет собою как бы воздушный термометр. Чем больше теплоты отдает животное, тем

больше расширяется воздух и дает разницу давлений в манометре *м*. Этот способ подробно разработан в Германии Рубиером. Человек помещался в камеру на несколько дней и даже производил работу на особом велосипеде; затраченная работа превращалась в теплоту, которая тщательно измерялась.

Подобные опыты с несколькими лицами дали для находящегося в совершенном покое взрослого человека около 2500 больших калорий в день. Для взрослого человека при 10-часовом рабочем дне и при умеренном физическом труде требуется уже около 3700 больших калорий. Произведя подсчет

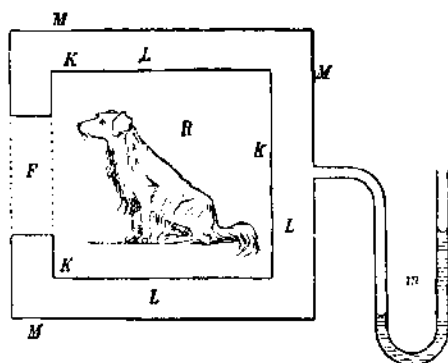


Рис. 155.

тепловой энергии, потребляемой в это время человеком, установили, что питательные вещества при сгорании в теле животного образуют столько же тепла, сколько и при сгорании вне организма. Следовательно, закон сохранения энергии имеет место и для живых существ.

§ 92. Теплота — энергия. Громадное число повседневных наблюдений говорит нам, что тела могут получать теплоту не только от окружающих тел, но также путем трения, удара и сжатия. Каждому из нас приходилось не раз наблюдать, что при строгании дерева, пилке дров, сверлении металла, разогревается и обрабатываемый материал и сам инструмент. Даже дикарям известен способ добывания огня путем трения двух кусков дерева. Холодные метеорные камни достигают земной атмосферы и двигаются с такой громадной скоростью, что раскаляются добела и часто даже сгорают. Под ударами молота докрасна накаляются металлы и т. д.

Из всех этих примеров мы видим, что механическая работа легко может превращаться в теплоту, другими словами работа — есть источник теплоты. Можно привести много примеров обратных явлений, при которых затрачивается теплота, за счет которой возникает механическая работа. Достаточно отметить, что в каждой паровой машине сжигается топливо, в котле образуется пар, который в паровом цилиндре толкает поршень. Последний приводит в движение части машины, совершающей ту или иную работу. Здесь источником работы является теплота.

Так как в результате работы получается теплота, и обратно, при исчезновении некоторого количества теплоты — работа, то возникает естественный вопрос: не является ли теплота энергией. Трудями целого ряда ученых установлено, что 1) теплота — это энергия невидимого движения молекул и атомов тела и как всякий вид энергии подчиняется общему положению, т. е. закону сохранения энергии; 2) между единицами измерения работы и теплоты, т. е. между килограмметрами и калориями должно быть строгое соотношение — эквивалентность. Если мы израсходовали Q больших калорий теплоты и получили R килограмметров работы, то отношение $\frac{R}{Q}$ дает нам то число килограмметров работы, которое эквивалентно одной большой калории теплоты. Это отношение называют механическим эквивалентом теплоты. Обозначим численное значение механического эквивалента через E , тогда $E = \frac{R}{Q}$. Разнообразными методами установлено, что $E = 427$ килограмметрам.

ГЛАВА XIX.

§ 93. Постоянство температуры во время плавления тел. Вещества обладают способностью находиться в твердом, жидком и газообразном состоянии, в зависимости от окружающих их условий; примером служит вода.

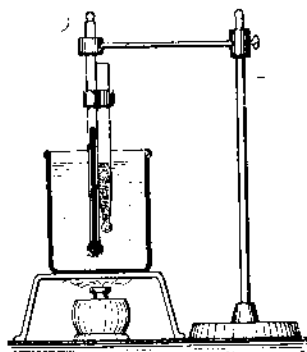


Рис. 156.

Процесс превращения твердого тела в жидкость называют плавлением (таянием), а обратный переход жидкости в твердое состояние — затвердеванием (замерзанием).

Если нагревать твердое, кристаллическое тело и следить за температурой, то можно заметить, что она сначала плавно поднимается, и в некоторый момент тело начинает плавиться.

Работа 17. Возьмем кусок стеклянной трубочки длиной 10 см, оттянем один ее конец на спиртовке и запаяем в шарик (рис. 156). Разотрем в ступке кристаллы нафталина и насыпем немного нафталина в узкий канал. Соединим стеклянную трубочку с термометром при помощи резинового кольца (кусочек резиновой трубки) и подвесим на штативе, опустив прибор в стакан

с серной кислотой. Будем подогревать кислоту и следить за температурой. При температуре, равной 80°C , нафталин начинает плавиться, что видно по образованию в трубке прозрачных капель.

Нетрудно заметить, что при плавлении различных кристаллических тел температура в течение всего процесса плавления остается неизменной, хотя тепло непрерывно прибывает от источника нагревания.

При охлаждении расплавленного вещества явление происходит в обратном порядке. Сначала температура падает, а в период затвердевания остается неизменной. Температура, при которой происходит затвердевание, совпадает с температурой плавления.

В телах некристаллических (аморфных) переход из твердого состояния в жидкое не выявляется так рельефно, как у кристаллических. Если нагревать, например, воск, то он уже при температуре 25°C (в руках) становится мягким, а при дальнейшем нагревании переходит постепенно в жидкое состояние. Установить точно температуру плавления для него поэтому трудно. Аналогичное явление наблюдается у жиров, смол, стекла и т. д. Наконец многие органические тела (дерево, бумага, порошок и т. д.) при нагревании разлагаются, изменяя свой химический состав, и не могут быть получены в жидком состоянии.

Работа 18. Проследить на термометре за температурой плавления льда в стакане с водой, нагревая его осторожно на сетке.

§ 94. Скрытая теплота плавления. Во время процесса плавления теплота, получаемая от источника нагревания, не обнаруживается термометром. Постараемся выяснить это явление с точки зрения молекулярной гипотезы. Чтобы образовать жидкое тело из твердого, надо преодолеть силы сцепления между его молекулами. Пока еще не достигнута температура плавления, вся тепловая энергия, сообщаемая телу, расходуется на увеличение кинетической энергии его частиц, что выражается поднятием температуры.

Начиная с определенного момента (температуры плавления) и за весь период плавления, тепловая энергия расходуется на работу расчленения частиц твердого тела и на их перегруппировку. Когда плавление закончилось, температура вновь возрастает, так как снова увеличивается скорость движения молекул жидкости.

Количество тепла, необходимое для превращения 1 г твердого вещества в жидкость той же температуры, называют скрытой теплотой плавления. При помощи калориметра можно определить скрытую теп-

лоту плавления различных веществ. Установлено, что скрытая теплота плавления льда равняется 80 малым калориям; ртути $= 1,83$ малой калории и т. д. Так как скрытая теплота плавления льда довольно велика, то нетрудно объяснить теперь, почему весной лед и снег медленно тают, а воды озер, прудов и рек осенью медленно замерзают.

§ 95. Переохлаждение жидкостей. Мы не можем нагреть твердое тело выше температуры его плавления так, чтобы оно не расплавилось. Но нетрудно установить обратное явление, т. е. охладить жидкость ниже температуры затвердевания с тем, чтобы она осталась жидкой.

Работа 19. Насыпем в пробирку кристаллы гипосульфита и начнем ее нагревать на спиртовке. При температуре около 50°C гипосульфит плавится. Не встряхивая пробирки, опустим ее в стакан с холодной водой и дадим жидкости охладиться приблизительно до 10°C . Гипосульфит остается расплавленным и переохлажденным. Теперь бросим в пробирку кристаллы этой же соли и встряхнем. Вся пробирка покрывается кристаллами гипосульфита и довольно сильно разогревается, так как выделилась скрытая теплота, израсходованная на плавление соли.

Переохлаждение жидкостей можно доводить до определенной температуры; например воду можно переохладить лишь до -10°C , это явление имеет особое значение в жизни насекомых. Давно известна выносливость насекомых по отношению к холоду. Некоторые куколки бабочек (капустницы) свободно переносят температуру в -25° . Профессор Бахметьев исследовал это явление приспособления и установил, что при искусственном охлаждении бабочки до температуры -20°C затвердевания соков тела не наступает и они остаются некоторое время в переохлажденном состоянии. Затем наступает резкий скачок с повышением температуры, а после этого затвердевание соков. Иногда при этом явлении наступает смерть насекомых, в других случаях насекомое может при повышении температуры снова ожить. Чем чаще насекомое замерзает, тем больше понижается температура переохлаждения его соков, т. е. оно оказывает большую сопротивляемость по отношению к холоду.

§ 96. Растворение. Вещество может переходить из твердого состояния в жидкое не только при нагревании. Всем хорошо известны примеры растворения твердых веществ в жидкостях. Как при процессе плавления расходуется энергия на скрытую теплоту плавления, так и при растворении твердых тел замечается обычно поглощение теплоты.

Работа 20. Опустим в стакан с водой термометр и начнем подсыпать поваренной соли. При размешивании соли мы замечаем понижение температуры воды на $1-2^{\circ}$. При растворении азотно-аммонийной соли понижение температуры достигает $15-20^{\circ}$ ниже нуля. Раствор становится насыщенным, растворение прекращается, а вместе с ним прекращается и дальнейшее понижение температуры. Повышение температуры при растворении в воде едкого натра и некоторых других химических веществ объясняется их химическим взаимодействием. Растворы солей в воде замерзают при температуре ниже 0° . Так, морская вода, содержащая около $3\frac{1}{2}\%$ солей, замерзает при температуре около -3° , при чем сначала вымерзает чистый лед, а соль образует крепкий раствор (рассол), замерзающий при еще более низкой температуре.

§ 97. Охлаждающие смеси. На охлаждении, которое образуется при растворении, основан способ приготовления охлаждающих смесей.

Работа 21. Если смешать три весовых части снега с одной частью поваренной соли, то смесь начинает таять и охлаждаться. Охлаждение происходит за счет поглощения теплоты на растворение соли, а, главное, таяния льда, и температура понижается примерно до -20° .

ГЛАВА XX.

§ 98. Испарение тел. Поместим на блюдечках несколько капель воды, бензина, эфира и ртути. Через некоторое время мы замочаем, что улетучивается эфир, бензин, затем вода, а ртуть еще осталась. Явлению перехода жидкого (или твердого) тела в парообразное состояние называется испарением. Испарение происходит при любой температуре. Жидкости, легко испаряющиеся, называются «летучими». Опасность взрыва, могущего всегда произойти при неосторожном обращении с огнем вблизи летучих жидкостей, объясняется как их низкой температурой воспламенения, так и присутствием их паров в окружающем воздухе. Нетрудно убедиться, что при нагревании скорость испарения увеличивается. На быстроту испарения влияют еще следующие обстоятельства: 1) величина поверхности испарения, 2) удаление образующихся паров струей воздуха. Для того, чтобы ускорить высыхание чернил, мы двигаем листом бумаги или дуем на него.

При испарении жидкостей замочается понижение их температуры. С точки зрения молекулярной гипотезы мы объясняем это явление тем, что для образования пара надо израсходовать некоторое количество энергии на расчленение частиц жидкости и на

преодоление молекулярных сил сцепления. Более быстро движущиеся молекулы жидкости, находясь около поверхности ее, улетают в воздух, преодолевая силы сцепления. В жидкостях остаются молекулы, средняя скорость движения которых становится меньше, и, следовательно, мы в праве ожидать понижения температуры. Действительно, если смочить руку водой и помахать ею в воздухе, то легко можно заметить охлаждение. Если смочить руку спиртом, бензином или эфиром, то, благодаря их летучести, мы ощущаем еще более сильное охлаждение.

Работа 22. Смочим термометр (привязав ватку к его шарiku) эфиром и будем следить за температурой, двигая им в воздухе. Температура падает до -10 — -15° .

§ 99. Терапевтическое действие пониженной температуры. При малых операциях пользуются иногда понижением температуры от испарения летучих жидкостей, например хлорэтिला (температура кипения $+11^{\circ}$). При испарении хлорэтिला на коже температура понижается до -35° , чем объясняется анестезирующее, т. е. обезболивающее, его действие.

§ 100. Испарение твердых тел. Испаряться могут не только жидкости, но и твердые тела. Это испарение происходит обычно крайне медленно, за исключением «летучих» веществ, как камфора, нафталин, йод. Лед тоже испаряется (туман над льдом в морозные дни). Испаряются пахучие твердые тела и даже металлы, которые имеют свой характерный запах.

§ 101. Пары. Возьмем барометр Торичелли (рис. 157a) и будем вводить снизу при помощи пипетки капли эфира (рис. 157b).

Эфир всплывает вверх и испаряется в пустоте; столбик ртути

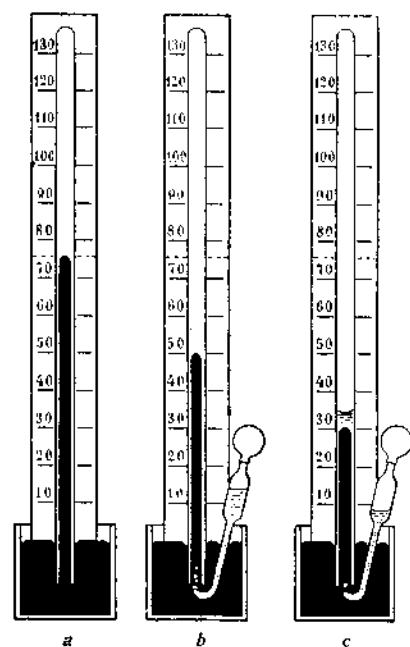


Рис. 157.

понижается. Это понижение столба ртути дает нам величину давления пара. Вводим новые порции эфира; упругость пара возрастает, и столбик ртути продолжает понижаться. Наконец наступит момент, когда последняя капля эфира всплывает на поверхность ртути и уже не испаряется (рис. 157c).

Понижение столба ртути прекращается. Для эфира при температуре, равной $+20^{\circ}\text{C}$, упругость пара достигает приблизительно 44 см. В положении *b* пар, как говорят, еще не был насыщен, в положении *c* пар стал насыщенным. Когда пар стал насыщенным, дальнейшее испарение жидкости при той же температуре невозможно. Характерным признаком насыщенного пара является соприкосновение его с жидкостью. Ненасыщенные пары ведут себя одинаково с газами и подчиняются всем газовым законам (например, Бойля и Мариотта и др.). При сжатии насыщенного пара наблюдается лишь переход его в жидкое состояние (конденсация), тогда как упругость его остается неизменной. Увеличить или уменьшить упругость насыщенного пара можно изменением температуры. При нагревании упругость насыщенного пара увеличивается, при охлаждении — уменьшается. В следующей таблице мы видим соотношение между температурой, упругостью водяного пара и его удельным весом.

Таблица 2.

<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
-10°	2,1	0,0000 023	7°	7,5	0,0000 677	24°	22,4	0,0000 216	50°	92,5	0,00008
-9°	2,3	0,0000 025	8°	8,0	0,0000 082	25°	23,8	0,0000 229	60°	149,5	0,00013
-8°	2,5	0,0000 027	9°	8,6	0,0000 087	26°	25,2	0,0000 242	70°	233,8	0,0002
-7°	2,7	0,0000 029	10°	9,2	0,0000 093	27°	26,7	0,0000 256	80°	355,5	0,0003
-6°	2,9	0,0000 032	11°	9,8	0,0000 100	28°	28,4	0,0000 270	90°	526	0,0004
-5°	3,2	0,0000 034	12°	10,5	0,0000 106	29°	30,1		95°	634	
-4°	3,4	0,0000 037	13°	11,2	0,0000 112	30°	31,8	0,0000 301	98°	707	
-3°	3,7	0,0000 040	14°	12,0	0,0000 120	31°	33,7		100°	760	0,0006
-2°	4,0	0,0000 042	15°	12,8	0,0000 128	32°	35,7		110°	1,425	0,0008
-1°	4,3	0,0000 045	16°	13,6	0,0000 135	33°	37,7		120°	1,953	0,0011
0°	4,6	0,0000 049	17°	14,5	0,0000 144	34°	39,9		130°	2,637	0,0015
1°	4,9	0,0000 052	18°	15,5	0,0000 152	35°	42,2	0,0000 393	140°	3,545	0,0020
2°	5,3	0,0000 056	19°	16,5	0,0000 162	36°	44,6		150°	4,659	0,0026
3°	5,7	0,0000 060	20°	17,5	0,0000 172	37°	47,1		200°	15,29	0,0079
4°	6,1	0,0000 064	21°	18,7	0,0000 182	38°	49,7		250°	39,41	
5°	6,5	0,0000 068	22°	19,8	0,0000 193	39°	52,5		300°	68,9	
6°	7,0	0,0000 073	23°	21,1	0,0000 204	40°	55,3	0,0000 509	350°	67,0	

ГЛАВА XXI.

§ 102. Абсолютная влажность. Присутствие паров в воздухе имеет для человека большое значение в гигиеническом отношении. Сухой воздух отнимает у организма воду, а вследствие усиленного испарения — и теплоту; следовательно, оболочки делаются сухими, появляется чувство жажды, хрипота и т. п. В слишком влажном воздухе происходит очень незначительное испарение, становится невозможным регулировать температуру тела путем отдачи потением, и мы испытываем чувство удушья. Не меньшее значение имеет присутствие паров для жизни, роста и дыхания растений. Известно, например, что концы воздушных корней растут в сторону, где влажность воздуха больше.

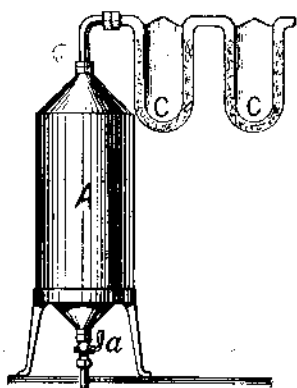


Рис. 158.

Отсюда вытекает важное значение определения влажности атмосферы.

Число граммов пара, заключенное в 1 куб. м воздуха, называется его абсолютной влажностью.

Для определения абсолютной влаж-

ности $q = \frac{M}{V}$ (где M — вес пара, V —

объем воздуха в кубических метрах) употребляют химический метод как наиболее точный. Существует много веществ, как напр. крепкая серная кислота, фосфорный ангидрид, хлористый кальций и т. д.,

которые обладают способностью химически присоединять и, следовательно, поглощать воду. Наполняют аспиратор A водой (рис. 158) и присоединяют к верхней части его ряд U -образных трубочек с указанными веществами. Взвешивают эти трубочки до опыта.

Затем открывают кран a ; вытекающая вода образует разреженное пространство, и атмосферный воздух засасывается через трубки c , оставляя в них всю влагу. Взвешивая трубочки после опыта, находят вес поглощенных паров M , а объем воздуха V определяют по количеству воды, вытекшей из аспиратора A .

§ 103. Влажность относительная. Зная абсолютную влажность, мы еще не можем судить о том, насколько воздух близок или далек от состояния насыщения парами. Летом, в жаркую погоду, воздух иногда имеет большую абсолютную влажность, но

благодаря высокой температуре он еще далек от насыщения. Такой воздух производит ощущение сухого, мокрые предметы в нем быстро высыхают. Зимой же, при низкой температуре и малом содержании пара, воздух легко насыщается им, что сказывается в частом образовании туманов и инея.

Поэтому определяют обычно так называемую относительную влажность, которая измеряется отношением числа граммов пара, имеющегося в 1 куб. м воздуха, к тому числу граммов, которое может его насытить при данных условиях.

Обозначим величину относительной влажности через a , количество граммов пара, имеющегося в воздухе, через q , а нужно для его насыщения через Q . Тогда $a = \frac{q}{Q}$. Чем больше пара в воздухе, тем больше и его упругость (величины пропорциональные). Следовательно, обозначив соответственно упругости паров через q и P , мы имеем

$$a = \frac{q}{Q} = \frac{p}{P}$$

Итак, для определения относительной влажности надо определить упругость пара, имеющегося в воздухе при данной температуре, и упругость пара, которая при тех же условиях насыщает воздух. Для этого устанавливают так называемую точку росы. Каждому известно, что на холодном предмете часто образуются капельки росы (напр. на оконных рамах). Допустим, что температура комнаты равна $+18^{\circ}\text{C}$, а роса появляется на предмете с температурой $+5^{\circ}\text{C}$. Из вышеприведенной таблицы, для насыщенных паров, мы находим, что при $+18^{\circ}\text{C}$ упругость насыщенного пара $P = 15,5$ мм; теперь остается вычислить p . В момент появления росы пар в слоях воздуха, прилегающих к телу, становится насыщенным, но его упругость не изменяется сколько-нибудь заметно, так как охлажденные слои воздуха все время свободно притекают к телу. Смотрим в таблице упругость насыщенного пара при температуре $+5^{\circ}$, и находим, что $p = 6,5$ мм. Значит, $a = \frac{p}{P} = \frac{6,5}{15,5} \sim 0,42$.

Умножая результат a на 100, мы получаем величину относительной влажности воздуха в процентах, следовательно $a = 42\%$.

Для поддержания нормальной деятельности кожи и легких относительная влажность должна составлять 40 — 60%. Если

точка росы лежит выше $+19^{\circ}\text{C}$, то испарение в легких уже нарушается.

§ 104. Гигрометры. Определение точки росы удобно проследить на приборе, называемом гигрометром (hugros — влажный). Рассмотрим гигрометр Даниэля. Он представляет собою два сообщающихся шара (рис. 159).

В шар *A* налит эфир, из трубки выкачан воздух, и, следовательно, она наполняется парами эфира. Записываем температуру t° окружающего воздуха. Смочим кусок ваты, покрывающий шар *B*, эфиром и дадим ему испаряться. Благодаря охлаждению пары эфира конденсируются в шарике *B*, а в шарике *A* происходит испарение эфира и, следовательно, охлаждение. В определенный момент на золотом ободке его появляется роса (ободок тускнеет). Точку росы замечают на термометре, запаянном в шарике *A*.

Наравне с гигрометрами для определения степени влажности пользуются еще психрометрами.

Психрометр Августа состоит из двух термометров, из которых один сухой, а другой влажный. Достигается это тем, что шарик одного из термометров окутывается кисеей, конец которой опускается в чашечку с водой (рис. 160).

Так как от испарения воды температура понижается, то влаж-

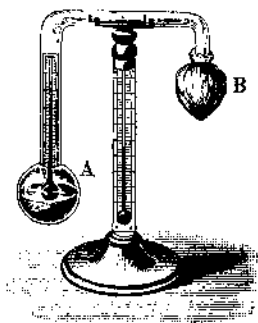


Рис. 159.

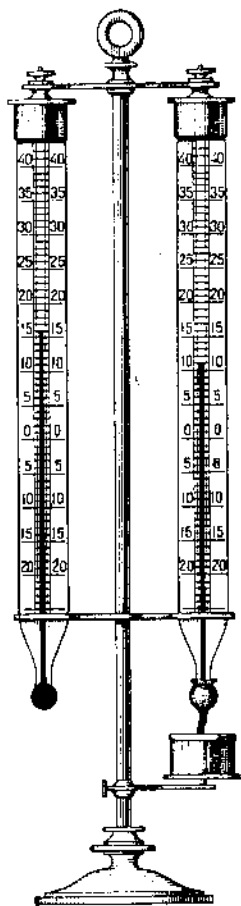


Рис. 160.

ный термометр показывает меньшую температуру, чем сухой. Чем суше воздух, тем сильнее происходит испарение, и тем больше разность между показаниями обоих термометров. Между разностью температур обоих термометров и влажностью воздуха есть определенная зависимость, а потому отмечают их показания и по особым таблицам быстро определяют относительную влажность в процентах.

Таблица 3.

Т влажного термометра в град. Ц	Разность температур сухого и влажного термометров								
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
	Относительная влажность в процентах								
0	81	61	50	36	25	15	6	—	—
1	82	66	52	39	28	18	10	2	—
2	83	67	54	42	31	22	13	6	—
3	83	69	56	44	34	25	16	9	3
4	84	70	57	46	36	28	19	13	6
5	85	71	59	48	39	30	22	16	10
6	85	72	61	50	41	33	25	18	13
7	86	73	62	52	43	35	28	21	15
8	86	74	63	54	45	37	30	24	18
9	86	75	65	55	47	39	32	26	20
10	87	76	66	57	48	41	34	28	23
11	88	77	67	58	50	43	36	30	25
12	88	78	68	59	52	44	38	32	27
13	89	78	69	61	53	46	40	34	29
14	89	79	70	62	54	47	41	36	31
15	89	80	71	63	55	49	43	37	33

Иногда употребляют простые, неточные гигроскопы, основанные на свойстве волос или бумаги поглощать влагу и удлиняться при этом, а в сухом воздухе укорачиваться.

На рис. 161 изображен такой гигроскоп Соссюра, где волосок, натянутый гирькой p , перекинут через блок O и соединен со стрелкой, ходящей по разделенной шкале, которая показывает относительную влажность в процентах.

Заметим, что определение влажности имеет большое значение для метеорологии в деле предсказания погоды и возможного выпадения атмосферных осадков.

Элементы физики.

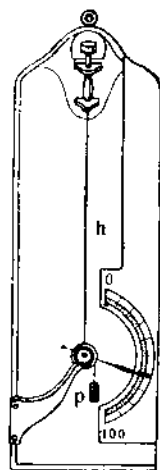


Рис. 161.

ГЛАВА XXII.

§ 105. Постоянство температуры во время процесса кипения. Переход жидкости в пар происходит особенно бурно при кипении. Налейте в колбу воды и опустите в нее термометр. Начнем нагревать воду. Температура постепенно поднимается, а на стенках сосуда появляются небольшие пузырьки газа: это воздух, который был растворен в воде. Так как горячая вода не может содержать столько растворенного газа, как холодная, то при нагревании излишек воздуха выделяется. Когда температура приближается к 100°C , пузырьки становятся все больше и многочисленнее, они состоят уже из смеси воздуха с некоторым количеством пара. Пузырьки эти поднимаются вверх и, охлаждаясь в верхних слоях воды, снова обращаются в жидкость. Наконец эти пузырьки начинают образовываться по всей массе воды, достигают поверхности жидкости, лопаются и освобождают заключенный в них пар. Начинается процесс кипения. Термометр показывает температуру, близкую к 100°C , и за все время кипения воды ртуть остается в нем на одном уровне. От соприкосновения с холодными слоями воздуха пары сгущаются и мельчайшие капельки, образующиеся над колбой сероватое облачко. Между кипением жидкости и испарением имеется существенная разница. Испарение, как мы знаем, совершается лишь с поверхности жидкости, тогда как при кипении пары образуются по всей массе жидкости. Испарение происходит при любой температуре, а кипение (при нормальном давлении) совершается при строго определенной температуре, называемой «температурой кипения».

За все время процесса кипения температура остается неизменной. Тепловая энергия расходуется здесь: 1) на преодоление сил сцепления между молекулами жидкости, 2) на преодоление атмосферного давления, так как вещество, переходя в пар, сильно расширяется.

§ 106. Скрытая теплота парообразования. Количество теплоты, необходимое для превращения 1 г жидкости в пар той же температуры, называется скрытой теплотой парообразования. При помощи калориметра можно определить величину скрытой теплоты парообразования различных жидкостей. Для воды она равна 537 малым калориям, т. е. является очень значительным количеством; для эфира $= 94$ малым калориям, и т. д.

§ 107. Зависимость кипения от давления. Мы установили, что во время кипения пар образуется внутри пузырьков воздуха. Чтобы пузырек с паром мог вырваться из внутренних слоев жидкости, ему надо преодолеть атмосферное давление. Чем больше величина атмосферного давления, тем упругость насыщенных паров внутри жидкости должна быть больше. Но упругость насыщенного пара растет с нагреванием. Следовательно при увеличении давления жидкость может закипеть лишь при более высокой температуре (выше обычной температуры кипения), а при умень-

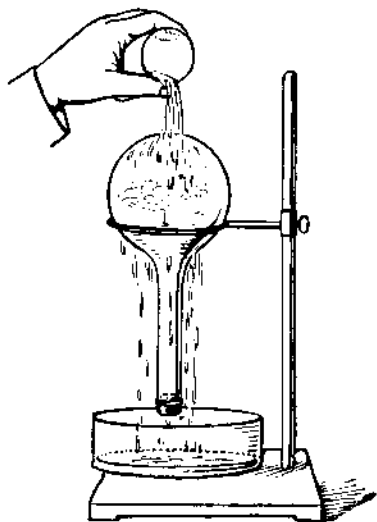


Рис. 162.

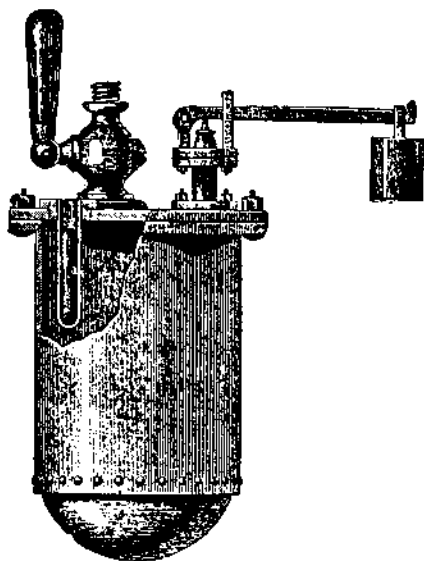


Рис. 163.

шении давления — при температуре более низкой. Температура кипения жидкости есть та температура, при которой давление насыщенного пара равно внешнему давлению на жидкость.

Работа 23. Возьмем круглодонную колбу, напомним ее до половины кипящей водой и закроем пробкой (рис. 162).

Опрокинем колбу и будем охлаждать ее дно снегом. Несмотря на сильное охлаждение вода в колбе закипает снова. Насыщенные пары, находящиеся над поверхностью воды, от охлаждения снегом обращаются в капли жидкости. В колбе образуется разрежение, а вода закипает благодаря этому при сравнительно низкой температуре.

Теперь будем нагревать воду в замкнутом пространстве, на-

полнив ею так называемый котел Папэна (по имени французского ученого).

Этот аппарат (рис. 163 и 164) представляет собою прочный металлический сосуд, снабженный манометром и плотно закрывающийся при помощи болтов крышкой. Образующиеся при нагревании воды пары, не имея выхода, увеличивают давление на жидкость, и вода закипает при температуре значительно выше 100°C . Температура воды определяется термометром, который погружается в углубление *a*, в которое наливают немного ртути. Чтобы давление не возрастало больше определенной величины, имеется предохранительный клапан *B*. Это — коническая пробка, закрывающая небольшое отверстие в крышке котла. На пробку давит рычаг *R* с грузом *p*. Перемещая груз *p* вдоль рычага, мы

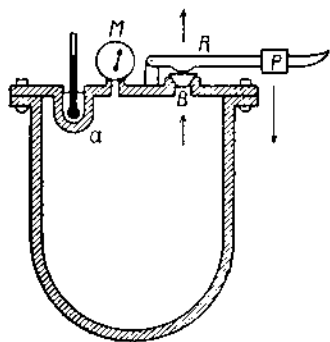


Рис. 164.

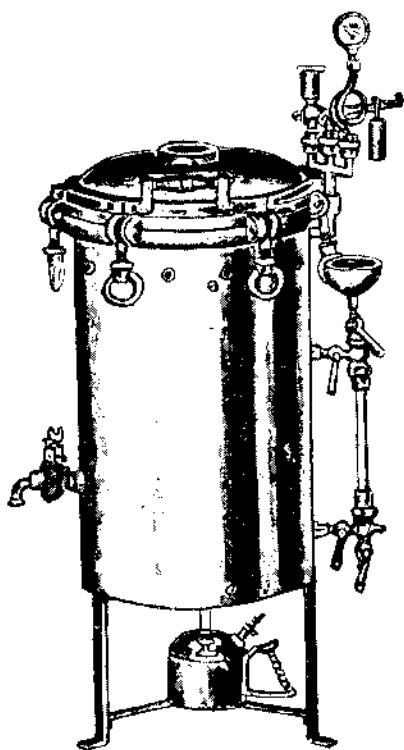


Рис. 165.

можем изменять давление на пробку и регулировать температуру кипения воды.

Вода под давлением в 2 атмос[феры] кипит уже при температуре 121°C . При подобных условиях совершается нагревание воды в различных котлах, приводящих в действие паровые машины.

§ 108. Автоклав. В медицине для стерилизации различных предметов, белья, марли, ваты и т. д., часто пользуются автоклавами (рис. 165).

Этот прибор представляет собою вылуженный котел, снабженный предохранительным клапаном, манометром, выпускающим и впускающим краном; в автоклаве пар образуется под давлением в 1-2 атмосферы, что соответствует температуре 120 — 130° С. Стерилизуемые предметы помещаются в металлический ящик с отверстиями и погружаются в котел, через который проходит горячий водяной пар.

ОТДЕЛ ШЕСТОЙ.

АКУСТИКА.

ГЛАВА XXIII.

§ 109. Звучащее тело колеблется. Ряд простых наблюдений может убедить нас в том, что звучащее тело находится в колебательном состоянии. Если мы возьмем прут и быстро начнем им махать в воздухе, то появляется свист. Дернем закрепленную в двух точках струну (рис. 166) и отпустим ее: струна колеблется, а в воздухе появляется звук.

Иногда колебания звучащего тела недоступны непосредственному наблюдению. Тогда их можно

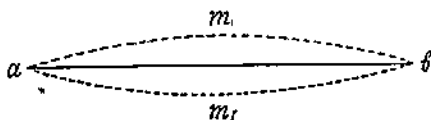


Рис. 166.

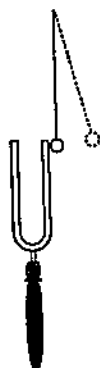


Рис. 167.

обнаружить косвенным путем. Ударив камертон, мы слышим ясный звук, но колебания дожек камертона незаметны. Поднесем к камертону маленький маятник (рис. 167), представляющий собою шарик из пробки, на нитке. Шарик отскакивает вследствие получаемых толчков. Зажмем стеклянную трубку в тиски (рис. 168) и начнем натирать ее влажной фланелью. Трубка издает определенный звук, а маятник, висящий на ниточке, отскакивает. Здесь, в противоположность

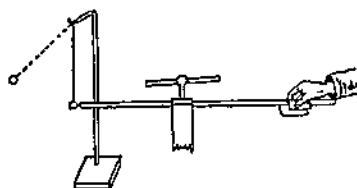


Рис. 168.

колеблющейся струне, колебания совершаются не поперек, а вдоль трубки, — последняя то укорачивается, то удлиняется.

§ 110. Среда, передающая звук. Средой, окружающей звучащее тело, в большинстве случаев является воздух. Допустим,

что перед прямой трубкой звучит камертон. Его ножки совершают поперечное движение то в одну, то в другую сторону (рис. 169 и 170).

Пусть ножка камертона отклонилась вправо — положение 3. Благодаря движению ножки прилегающие слои воздуха приходят в состояние уплотнения, в последующий момент ножка отклоняется в положение 1 и дает возможность воздуху разрежаться. Итак, после



Рис. 169.

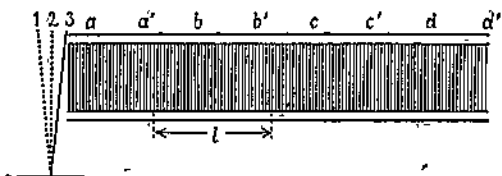


Рис. 170.

одного полного колебания (от одного крайнего положения 1 до другого — 3 и обратно) в прилегающих слоях воздуха происходит одно сгущение и одно разрежение. Благодаря возникающим силам упругости частицы воздуха передают эти ритмические деформации по трубе дальше.

Если колебания камертона продолжать непрерывно, то в трубе последовательно образуются сгущенные и разреженные слои, которые и образуют звуковую волну. (На рис. 170



Рис. 171.

такие волны изображены густой и светлой штриховкой.). Расстояние, на которое успеет распространиться одно сгущение и одно разрежение за время одного полного колебания, называется длиной волны (λ). Колебания частиц воздуха в трубе происходят по линиям, параллельным линии распространения волн, такие волны называются продольными, в отличие от поперечных, какие образуются, например на веревке, конец которой встряхивается вверх и вниз (рис. 171).

Если допустим теперь, что звучащее тело (например колокол)

приводит в колебание прилегающие к нему со всех сторон слои воздуха (рис. 172), то мы получим так называемые сферические волны (имеющие вид шарового слоя). Такие колебания достигают нашего уха, и ощущение, воспринимаемое им, мы называем звуком.

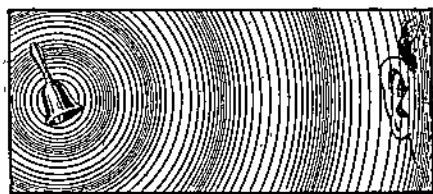


Рис. 172.

стны из обыденной жизни. Если на дне реки ударить камнем о камень, то звуки хорошо слышны на поверхности воды; тикание часов, лежащих на столе, хорошо слышно и на другом его конце; удары по водонепроницаемой трубе громко раздаются по этажам большого дома, и т. д. Плохо передают звуки тела, мало упругие: вата, шерсть, пробка и т. д. Совсем не проводит звуки пустота. Действи-

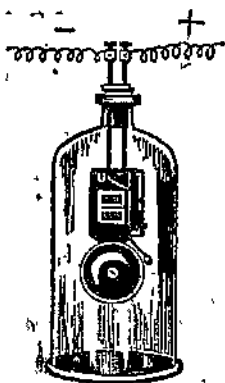


Рис. 173.

тельно, мы убедились, что для передачи звука необходимо, чтобы звучащее тело передавало свои колебания какому-либо веществу. Звук есть колебательное движение материи. Поместим под колокол воздушного насоса электрический звонок и соединим его с элементом (рис. 173). Начнем выкачивать воздух; по мере удаления воздуха звуки ослабевают и наконец совсем замирают.



Рис. 174.

§ 112. Стетоскоп. На хорошей проводимости звуков твердыми телами основан прибор стетоскоп, широко применяемый в медицине в целях распознавания болезней, для выслушивания — аускультации, — естественных шумов в организме человека (рис. 174), в особенности в грудной полости.

ГЛАВА XXIV.

§ 113. Отражение звука. Эхо. Если мы закрепим один конец веревки, а другой начнем встряхивать, то заметим, что волна достигнет закрепления, и, отразившись, побежит назад.

Аналогичное явление происходит и с звуковыми волнами. Всякий раз как звуковая волна достигает какой-нибудь преграды (гора, стены, поверхность воды и т. д.), она отражается. Это явление отражения звука нам хорошо известно как эхо.

Представим себе человека, находящегося перед стеной, и пусть он произносит отрывистый звук. Звуковые волны, дойдя до стены, отразятся, и наблюдатель услышит (рис. 175) повторение звука — эхо. Раскаты грома представляют случай «многократного эхо»; сильное сотрясение воздуха от разряда молнии отражается несколько раз от земли, облаков и т. п. Часто отражение звуковых волн является нежелательным явлением: в театрах, концертных залах, аудиториях.

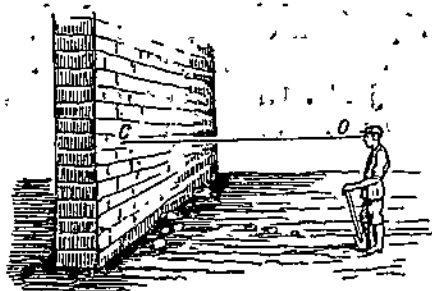


Рис. 175.

Чтобы устранить это явление, делают стены помещений неровными (карнизы, колонны, хоры и т. п.). Благодаря такому устройству звуковые волны отражаются неправильно и приходят в ухо наблюдателя не сразу, чем устраняется неприятное сливание звуков.

Исследование вопроса отражения звуковых волн приводит к следующим важным положениям: 1) угол падения звуко-

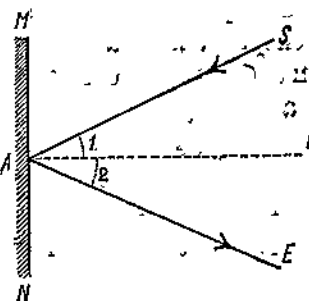


Рис. 176.

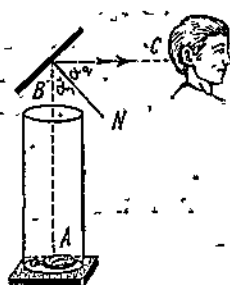


Рис. 177.

вой волны всегда равен углу отражения; 2) луч (т. е. линия распространения волны) падающий, отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости. Пусть в некоторой среде распространяется звуковая волна по направлению луча SA . В точке падения A (рис. 176) волна попадает на гра-

ницу раздела MN . Опыты показывают, что 1) отраженная волна будет идти по направлению AE , так что $\angle 1 = \angle 2$, 2) SA , AE и перпендикуляр AP лежат в одной плоскости.

Работа 24. Положим в цилиндр A (рис. 177) на мягкую подушку часы. Тиканье часов слышно лишь по направлению AB . Если мы поместим теперь в B кусок картона или стекла, то услышим звук по направлению BC . Отняв картон, мы опять перестанем слышать ход часов. Измерив угол падения α_1 и угол отражения α_2 , мы убедимся, что они равны друг другу.

§ 114. Слуховая и говорная трубы. На законах отражения звука основано устройство говорной трубы, или рупора.

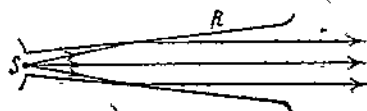


Рис. 178.



Рис. 179.

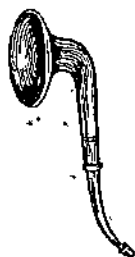


Рис. 180.

Если мы хотим передавать звуки на большое расстояние, то говорим в узкое отверстие S трубы SR (рис. 178 и 179). Звуковые волны, встречая стенки трубы, отражаются и направляются лишь к ее отверстию. Звуковая энергия, которая на открытом воздухе распределяется по весьма большому объему, в трубе является более сосредоточенной, а потому и производит более сильное действие на слуховой орган. Слуховая труба представляет тот же рупор (рис. 180), обыкновенно из каучука, снабженный на одном конце раструбом. Человек, обладающий плохим слухом, вкладывает тонкий конец трубы в ухо, а говорящий прикладывает раструб к своему рту.

Ушная раковина человека и канал, ведущий во внутреннюю полость уха, представляют собою ту же модель рупора, концентрирующего звуковые волны в определенном направлении.

ГЛАВА XXV.

§ 115. Явление резонанса. Энергия колебательного движения какого-нибудь тела — вибратора — нередко поглощается другим телом — резонатором, благодаря чему последний

сам становится источником вибраций. Явление это носит название отклика или резонанса.

Работа 25. Подвесим на нить ряд маленьких маятников (рис. 181). Приведем в колебание второй маятник *В*. Через несколько минут мы замечаем, что размах его становится все меньше и меньше, когда как ритмические толчки, производимые им, передаются по нити шестому маятнику *Е*. Остальные маятники, не равные по длине маятнику второму, совершают лишь ничтожные дрожания. Итак, второй маятник был вибратором, а шестой — резонатором. Спустя некоторое время заметим, что колебания шестого маятника начинают «затухать», тогда как второй маятник снова начинает раскачиваться сильнее. Теперь роли маятников переменяются: шестой стал вибратором, а второй — резонатором. Из этого опыта заключаем, что явление резонанса наблюдается в том случае, когда оба колеблющихся тела имеют одинаковые промежутки времени (периоды), для совершения одного полного колебания. Толчки, передаваемые нитью другим маятникам, «действуют не в такт» и тем самым не могут способствовать их ритмическому раскачиванию.

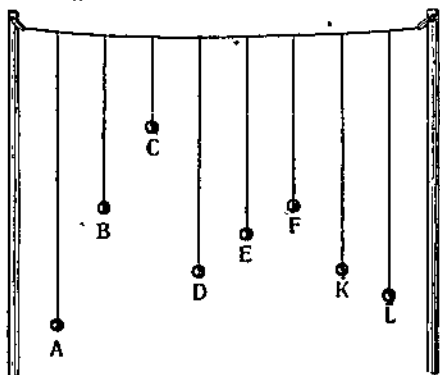


Рис. 181.

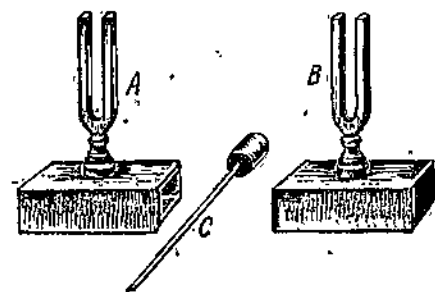


Рис. 182.

Явление резонанса часто наблюдается при звуковых явлениях.

Работа 26. Возьмем два одинаковых камертона (рис. 182), поставим их на резонаторные ящики и ударим по ножке первого камертона. Звук, издаваемый им, усиливается столбом воздуха в ящике, откликающимся на колебания камертона. Через некоторое время остановим колебания первого камертона, коснувшись его рукой. Второй камертон, находящийся недалеко от первого, отзывается на его звук и сам становится вибратором. Прилепим к ветви камертона *В* кусочек воска, чем мы изменим время его полного колебания (период). Повторив опыт, мы убедимся,

что камертон *B* уже не резонирует камертону *A*. Что камертон *B* расстроен, нетрудно проверить. Заставив оба камертона звучать одновременно, мы слышим то усиление, то ослабление звуков, так называемые «биения», тогда как без воска оба камертона звучат как один, в унисон, т. е. дают один музыкальный тон.

Работа 27. Поместим перед стеклянным цилиндром звучащий камертон (рис. 183). Камертон издает слабый звук. Начнем подливать в цилиндр воду. Когда в цилиндре образуется столб

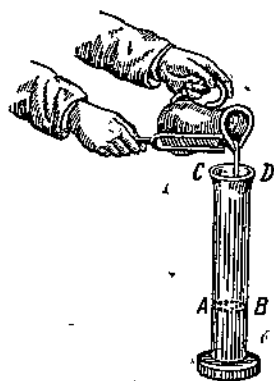


Рис. 183.



Рис. 184, а.



Рис. 184, б.

воздуха определенной длины, звук камертона значительно усиливается, так как ему резонирует воздушная колонна *ABOD*.

§ 116. Перкуссия. В медицине постоянно пользуются при физической диагностике постукиванием по поверхности тела пальцем или молоточком (рис. 184, а), иногда непосредственно, а иногда по особой пластинке — плессиметру (рис. 184, б). Так называемый перкуторный звук, возникающий при таком выстукивании, есть не что иное, как резонанс полостей тела на производимое постукивание. Плессиметр является в этом случае примером хорошей проводимости звуков твердыми телами.

ГЛАВА XXVI.

§ 117. Слуховой орган человека. Непосредственной причиной слуховых ощущений являются толчки, испытываемые слуховым органом человека от прилегающих слоев воздуха. Рассмотрим схему устройства уха. Последнее состоит из наружного уха, среднего и внутреннего (рис. 185). Наружное ухо разделяется на ушную раковину *O*, слуховой канал *G* и барабанную перепонку *T*. Среднее ухо (рис. 186) содержит ряд косточек, имею-

щих вид молоточка (*H*), наковальни (*A*) и стремечка (*st*). Молоточек непосредственно прилегает к барабанной перепонке и передает свои вибрации по следующим косточкам к внутреннему уху. Среднее ухо соединено евстахиевой трубой (*E*) с полостью

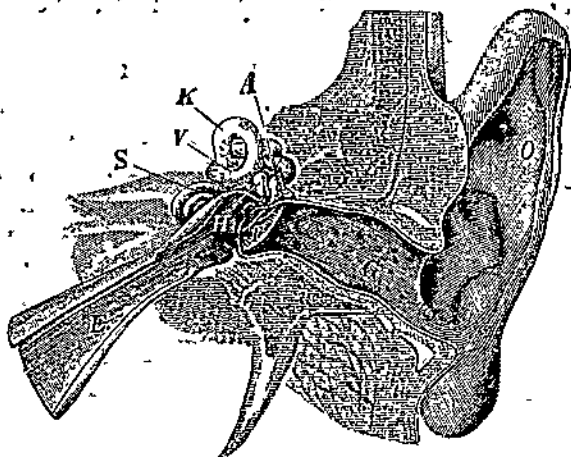


Рис. 185.

зева. Стремечко (*st*) прилегает к пленке так называемого овального окошечка, за которым находится внутреннее ухо. Вся полость внутреннего уха заполнена жидкостью. Во внутреннем ухе имеется весьма важный орган называемый (*S*), улиткой, и полукружные каналы (*K*). Внутри улитки, вдоль ее завитков, расположена особая перепонка *membrana basilaris*, состоящая из ряда тонких волокон. На поверхности этой перепонки расположен кортиев орган, состоящий из громадного числа упругих волокон. В улитке же разветвляется и оканчивается слуховой нерв, идущий к головному мозгу.

Воздушные волны приводят в колебание тонкую мембрану — барабанную перепонку, эти вибрации посредством косточек передаются овальному окошечку, от последнего — жидкости внутреннего уха, волокнам кортиева органа и наконец окончаниям слухового нерва. Здесь процесс колебаний воспринимается нами в виде своеобразного ощущения, которое мы называем звуком.

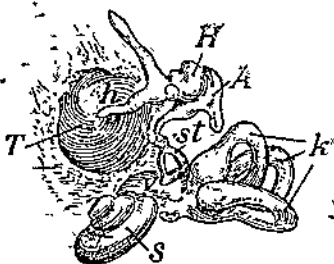


Рис. 186.

§ 118. Процесс слуха и резонанс. Немецкий физик Гельмгольц объясняет процесс слуха на основании явления резо-

панса. Колебательные движения достигают до кортиева органа, и отдельные волокна его, представляющие как бы ряд натянутых струн, откликаются на различные тоны. Каждое волокно кортиева органа способно резонировать лишь на определенную звуковую волну. Таким образом кортиев орган является анализатором сложных звуковых волн.

Опыты показывают, что воспринимающая способность уха ограничена известными пределами. Только волны звука, соответствующие колебаниям не менее 16 и не более 40 000 в секунду, улавливаются нами как слуховые ощущения. Это последнее число колебаний соответствует тем звукам, которые издают при полете комары, мошки и др. насекомые. Ухо собак воспринимает и еще более высокие звуки, число колебаний которых достигает 70 000 в секунду.

§ 119. Голосовой аппарат человека. Существенную часть голосового аппарата человека представляют голосовые связки.



Рис. 187.



Рис. 188.

Это две мышечные эластичные перепонки, расположенные в гортани. Между связками находится голосовая щель. Когда мы издаем звук, то при помощи особого мускула туго натягиваем связки (рис. 187) и, выдувая воздух из легких, заставляем связки дрожать. При спокойном дыхании голосовая щель раскрывается (рис. 188). Роль резонатора играет полость рта и носа с наполняющим ее воздухом. Давление воздуха позади голосовых связок может превышать атмосферное на 1 — 3 см ртутного столба.

Высота звука голоса зависит от длины и упругости голосовых связок, а также от производимого изменения их напряжения. У детей голоса выше, чем у взрослых, так как их голосовые связки короче и меньше. Преломление голоса у юношей обуславливается быстрым ростом гортани. Самые низкие человеческие звуки, издаваемые басом, имеют 80 колебаний в секунду, самые высокие — сопрано — до 1024 в секунду. При громком чтении высокие звуки у мужчин лежат в пределах от 100 до 200 колебаний в секунду.

Одной из причин колорита, или тембра, звука являются индивидуальные особенности голосовых связок у различных людей.

ОТДЕЛ СЕДЬМОЙ.

ОПТИКА (УЧЕНИЕ О СВЕТЕ).

ГЛАВА XXVII.

§ 120. Лучистая энергия. Рассматривая явление распространения теплоты, передаваемой солнцем на землю, мы познакомились уже с одним из видов так называемой лучистой энергии. Все тела природы в нагретом состоянии испускают лучистую энергию, которая распространяется во все стороны с громадной скоростью в 300 000 км. в секунду. Существуют много видов лучистой энергии, но один из них имеет особо важное значение для человека — это видимый свет. Благодаря нашему органу зрения — глазу мы обладаем способностью видеть окружающую природу и познавать обширнейший ряд происходящих в ней явлений.

§ 121. Источники света. Кроме солнца, представляющего для нас основной источник световой энергии, источниками света являются и все прочие раскаленные тела. По отношению к свету все тела подразделяются на прозрачные и непрозрачные. Первые хорошо пропускают свет, вторые его не пропускают вовсе. Воздух, вода, стекло — тела прозрачные, дерево, железо, камни — тела непрозрачные. Заметим при этом, что абсолютно прозрачных тел не существует, так как при достаточной толщине прозрачные тела могут стать непрозрачными. Действительно, на глубине океанов господствует полный мрак. С другой стороны, в очень тонком слое всякое вещество прозрачно. Тонкий золотой листок обладает способностью пропускать свет, тогда как золото вообще непрозрачно.

§ 122. Прямолинейное распространение света. Если лучи света распространяются в однородной среде, например в воздухе или стекле, то их направление прямолинейно. Действительно, поместим между источником света и нашим глазом два непрозрачных экрана *a* и *b*, с небольшими отверстиями (рис. 189). Мы увидим свет лишь в том случае, когда отверстия экранов будут

находиться на одной прямой, соединяющей источник света со зрачком нашего глаза.

Пусть S весьма малое светящееся тело — светящаяся точка; поместим на пути лучей непрозрачный шар M . Проведем из S

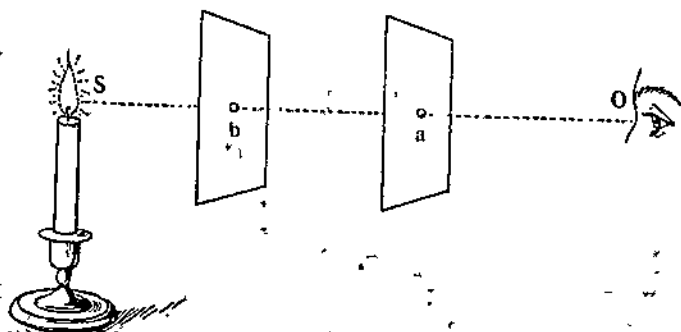


Рис. 189.

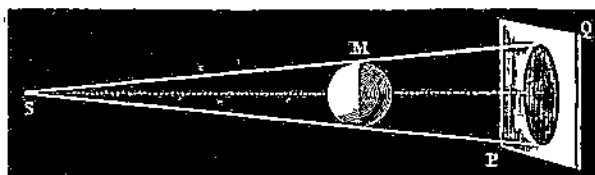


Рис. 190.

лучи. Те лучи, которые упадут на шар, задержатся, а остальные, минуя его, дойдут до экрана. На последнем (рис. 190) образуется силуэт тени, что опять свидетельствует нам, что свет распространяется прямолинейно.

ГЛАВА XXVIII.

§ 123. Отражение света. Явление отражения света происходит всякий раз, когда световой луч падает из одной среды в другую. Каждый световой луч, например SO (рис. 191), при этом меняет свое направление. Свет частью возвращается в первую среду — отражается, частью входит во вторую среду — преломляется. (На рис. 191 луч OS' — отраженный, луч OS'' — преломленный.)

Остановимся сначала на явлении отражения света. В особой форме это явление проявляется тогда, когда лучи света встречаются ровную, хорошо отполированную поверхность. Такие

поверхности называют зеркальными (поверхность металлов, ртути и т. п.).

§ 124. Законы отражения света. Явление отражения света от зеркальных поверхностей подчиняется тем же законам, как и отражение звука: 1) угол падения всегда равен углу отражения; 2) луч падающий, отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости (рис. 192). Законы эти были уста-

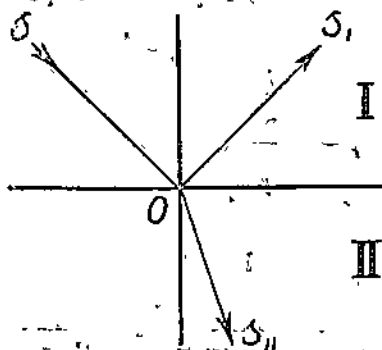


Рис. 191.

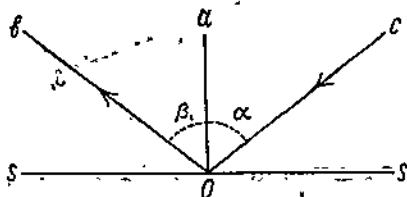


Рис. 192.

новлены в глубокой древности и были известны еще Евклиду. Проверить эти законы нетрудно на опыте.

Пустим при помощи проекционного фонаря пучок параллельных лучей на зеркало (рис. 193). Отраженные лучи составляют зеркалом угол α' с равным углом α .

§ 125. Изображение светящейся точки в плоском зеркале. Пусть a светящаяся точка

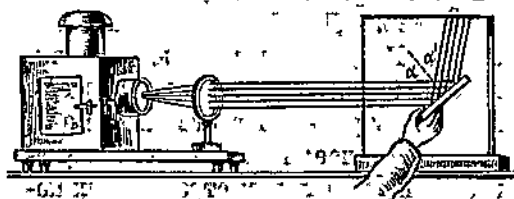


Рис. 193.

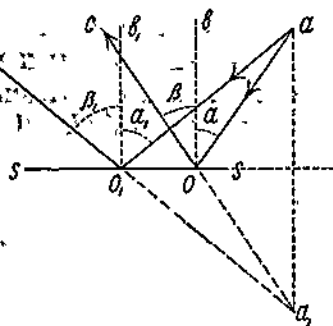


Рис. 194.

(рис. 194), лучи света ao , ao_1 выходят из точки a , попадают на зеркале SS_1 и отражаются. Построим углы падения α и α_1 и отражения β и β_1 . Продолжим эти отраженные лучи OS и OU_1 по другую сторону зеркала, до взаимного пересечения. Глаз, помещенный перед зеркалом, увидит светящуюся точку a' , которой на самом деле нет; эту точку называют мнимой. Нетрудно доказать, что изображение светящейся точки всегда

находится за зеркалом, на продолжении перпендикуляра, опущенного из светящейся точки на зеркало, и на расстоянии, равном расстоянию от действительной точки до зеркала.

Для доказательства построим угол падения α , который равен углу отражения β (рис. 195). Опустим перпендикуляр Sa и про-

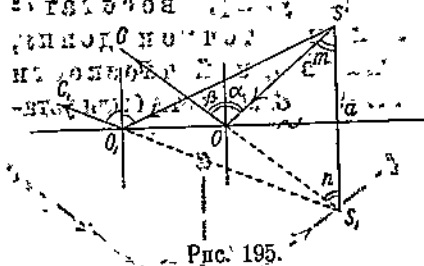


Рис. 195.

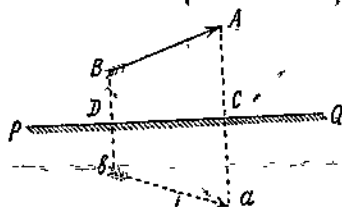


Рис. 196.

должим его выиз- за зеркало. Продолжим также отраженный луч OS до пересечения с продолжением перпендикуляра aS , получим точку S_1 . Так как $\angle \alpha = \angle m$ (как накрест лежащие), $\angle \alpha = \angle \beta$ (угол падения и отражения), $\angle \beta = \angle n$ (как соотв.), то $\angle m = \angle n$. Катет Oa , у треугольников OaS и OaS_1 общий; следовательно треугольники равны и $aS = aS_1$. Теперь нетрудно построить изображение любого предмета в плоском зеркале (рис. 196).

Строим изображения его крайних точек A и B , опуская из них перпендикуляры и продолжая их на равное расстояние за зеркало. Между точками a и b расположатся все остальные точки предмета AB . Полученное изображение будет мнимым.

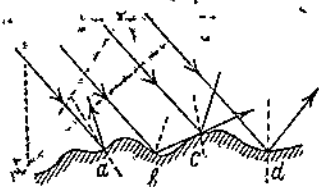


Рис. 197.

идут по всевозможным направлениям (рис. 197). Такое явление носит название рассеяния или диффузии. Так как при диффузном отражении лучи идут от любой маленькой части тела, то каждый его элемент будет служить как бы источником света, и мы будем видеть благодаря этому всю поверхность тела. Лампа, стоящая в комнате, освещает отдельные предметы, наши лица, платье и т. п., и эти последние становятся видимыми только благодаря диф-

§ 126. Диффузное отражение света. Представим теперь, что свет падает на шероховатую поверхность. Явление отражения света имеет место и в этом случае; только благодаря разнообразным наклонам отражающих поверхностей (из которых и состоит неровная поверхность) отраженные лучи

фузному свету. Тела, правильно отражающие свет, невидимы, как, например, поверхность гладкого зеркала или спокойной воды. Мы видим только мнимое изображение позади зеркала или случайные частички пыли на его поверхности. Шероховатые поверхности встречаются значительно чаще, чем зеркальные, а потому случай диффузного отражения света — явление очень распространенное. Холодные тела, как Луна и некоторые другие планеты, видимы лишь благодаря диффузному свету, посылаемому ими к нам на Землю и т. д.

ГЛАВА XXIX.

§ 127. Сферические зеркала. Сферическими зеркалами мы называем такие зеркала, полированная поверхность которых представляет небольшую часть поверхности шара (сферы). Если полируется поверхность внешняя, то зеркало называют выпуклым, если внутренняя — вогнутым (рис. 198, а и б).

Прямая, соединяющая центр шаровой поверхности с серединой зеркала, называется главной оптической осью зеркала (рис. 199). Всякая прямая, проходящая через центр зеркала и через какую-нибудь точку зеркала, называется побочной оптической осью.

Для решения вопроса об отражении лучей от поверхности сферического зеркала заметим, что каждый маленький элемент зеркала мы можем рассматривать как плоский и применять к нему законы отражения света от плоских зеркал.



Рис. 199.



Рис. 200.

Пусть луч света ab (рис. 200) падает на вогнутое зеркало. Для построения угла падения мы должны соединить точку b с центром зеркала O , так как радиус зеркала будет служить перпендикуляром к элементу поверхности его. Проведя по другую сторону радиуса

линию bd , так чтобы $\angle abo = \angle oba_1$, мы получим направление отраженного луча bd . Луч OC , идущий по главной оптической оси (следовательно перпендикулярно к поверхности зеркала), отражается в противоположную сторону по направлению Ca_1 . В точке a_1 происходит пересечение отраженных лучей, и здесь будет находиться изображение точки a . Изображение это будет действительное, так как лучи на самом деле пересекаются в этом месте. Мы увидим это изображение, если поместим наш глаз так, чтобы в него попали отраженные лучи, или доставим в точку a_1 лист бумаги.

§ 128. Главный фокус вогнутого зеркала. Опыт и простое техническое построение показывают, что пучок лучей, идущих параллельно главной оптической оси и падающий вблизи середины зеркала, отразившись, собирается в одной точке, на середине радиуса шаровой поверхности (рис. 201). Эту точку называют главным фокусом зеркала ($\text{focus} = \text{очаг}$).

Если опыт производится с солнечными лучами, то тело, помещенное в точку F , сильно нагревается и даже может воспламениться. Ясно, что вогнутое зеркало концентрирует лучи в небольшом пространстве и является, следовательно, собирательным. Условимся расстояние CF называть главным фокусным расстоянием и обозначать его через букву F .

Поместим светящуюся точку в главном фокусе F . Лучи падающие примут теперь направление отраженных, и наоборот; от зеркала получится отраженный пучок лучей света, идущий параллельно главной оптической оси. Такой свет обладает способностью без большого ослабления распространяться на большие расстояния (несколько верст), чем пользуются для устройства прожекторов, употребляемых на маяках, кораблях и т. д. (рис. 202) и для рефлекторов, ламп, имеющих широкое применение в медицине, при искусственном освещении гортани, уха, глаза, операционного поля и т. д.

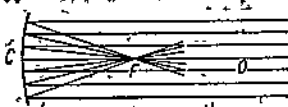


Рис. 201.

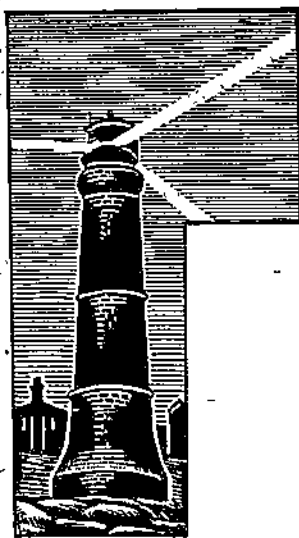


Рис. 202.

§ 129: Изображение предмета в собирательном зеркале. Рассмотрим случай изображений предмета в собирательном вогнутом зеркале.

1. Предмет ab находится между зеркалом и главным фокусом F . Для построения изображения проведем из его крайних точек по два луча: один параллельно главной оптической оси, другой в направлении к главному фокусу (рис. 203). Первые

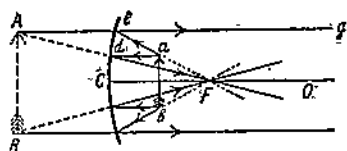


Рис. 203.



Рис. 204.

лучи после отражения пойдут через F , а вторые параллельно главной оптической оси. Продолжим отраженные лучи до взаимного пересечения в точках A и B . Мы получим изображение предмета AB , которое будет увеличенное, мнимое, прямое и за зеркалом. Увеличение тем больше, чем ближе предмет к главному фокусу (рис. 204).

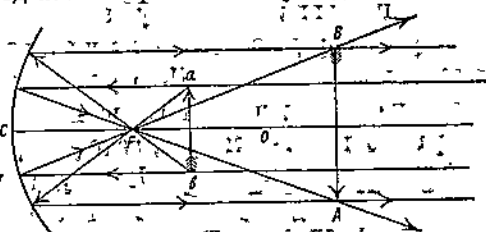


Рис. 205, а.

2. Предмет ab находится между F и центром зеркала. Здесь изображение получается действительное, обратное, увеличенное и находится за центром O (рис. 205, а). Это изображение можно уловить на листе бумаги, поместив его за центром O (рис. 205, б).

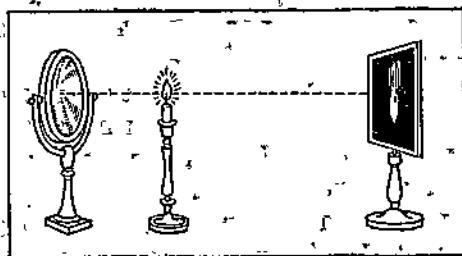


Рис. 205, б.

3. Предмет AB находится за центром O . Изображение получается действительное, обратное, уменьшенное и находится между

центром и *F*. Построение видно из рис. 205, *a*, где падающие лучи надо считать за отраженные, а отраженные за падающие.

Работа 28. Проследить все случаи изображений свечи в вогнутом зеркале.

§ 130. Освещенность и фотометрия. Если мы зажжем керосиновую свечу, керосиновую лампу и электрическую, то

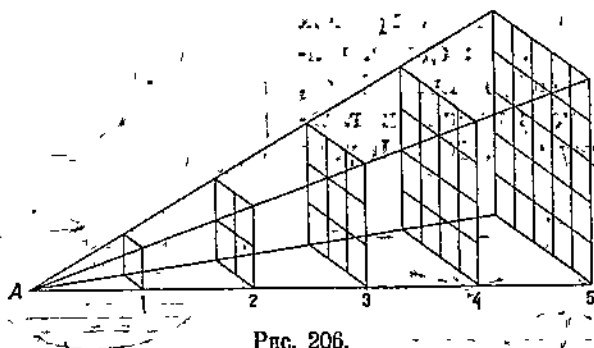


Рис. 206.

каждый из этих источников света дает поток лучей, отличающихся друг от друга, как своей силой, так и окраской. Каждому из повседневной практики известно, что освещение, даваемое источником света, убывает с расстоянием.

Пусть перед светящейся точкой на расстоянии 1 метра расположен экран (рис. 206). На эту площадку падает определенный пучок лучей. Отодвинем экран из положения первого во второе, т. е. на расстояние 2-х метров, затем на расстояние 3-х метров и т. д.

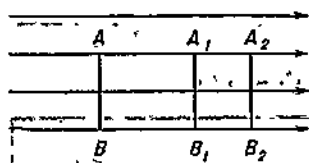


Рис. 207.

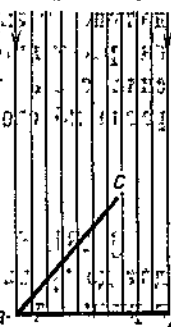
Не трудно убедиться, что то же количество лучистой энергии распределится на площадках в 4 раза, в 9 раз и т. д. больших. Вследствие этого и освещение каждого квадратного сантиметра площади экрана обратно пропорционально квадрату расстояния от источника света.

В случае прямолинейного пучка света этот закон не имеет места, так как независимо от расстояния, количество лучей, падающих на единицу площади, остается неизменным (рис. 207). Такими пучками света пользуются в прожекторах для передачи света на большое расстояние. Надо помнить, что яркость лучей такого потока света ослабляется с расстоянием благодаря неполной прозрачности воздуха.

Яркость освещения поверхности зависит еще от наклона по-

верхности по отношению к падающим лучам. Если, например, солнечные лучи падают на площадку ab под прямыми углами (рис. 208), то она освещена ярко, если же площадку наклонить в положении ac , то, как видно из рисунка, часть светового потока пройдет мимо ac , и освещение ее уменьшится. Итак, освещенность наибольшая при перпендикулярном падении лучей и убывает с увеличением их наклона.

За единицу для измерения силы света различных источников принимают чаще всего так называемую свечу Гейфнера. Это особая лампочка, в которой горит уксусно-амиловый эфир. Высота пламени регулируется в 40 мм; его ширина — 8 мм. Лампочка Гейфнера служит таким образом, нормальной свечой, с которой сравнивают силу света других источников. Яркость нашей стеариновой четвериковой свечи приблизительно соответствует свече Гейфнера.



Количество световой энергии, падающее от нормальной свечи на площадку в 1 кв. см и перпендикулярно к лучам на расстоянии 1 м, служит единицей освещенности и называется метр-свечой, или люкс. В яркий солнечный день освещенность достигает около 100 000 люксов, в облачный день она падает до 10 000 люксов, а в то же время внутри помещений до 500 люксов, что все же более яркости освещения концертного зала; в светлую лунную ночь освещенность падает до 0,1 люкса. Для обычного чтения необходимо освещение не менее 10 люксов, а наиболее благоприятным считается освещение в 50 люксов.

Недостаток освещения влечет за собой более или менее значительное ослабление остроты зрения и развивает близорукость, вынуждая приближать глаз к книге и сильно напрягать accommodation.



Рис. 209.

Для измерения силы света различных ламп пользуются приборами, называемыми фотометрами. Фотометров существует много систем, мы опишем лишь один из них — фотометр Бунзена. Последний представляет бумажный экран с небольшим масляным пятном (рис. 209). Если экран освещен сзади, то пятно будет казаться светлым, если спереди, то темным. С одной стороны экрана на расстоянии 1 м помещается постоянный источник света —

нормальная свеча, а с другой — например электрическая лампочка, силу света которой желают измерить. Затем передвигают лампочку до тех пор, пока масляное пятно не покажется глазу исчезнувшим. В этом случае освещение с обеих сторон экрана равно, причем понятно, что лампочка будет стоять дальше от экрана, чем свеча. Пусть лампочка стояла от экрана на расстоянии в 5 раз большем, чем нормальная свеча, тогда сила света лампы в 5² раз больше силы света свечи, т. е. равна 25 свечам.

ГЛАВА XXV.

§ 131. Законы преломления света. Если лучи света доходят до границы другой прозрачной среды, то, как мы уже говорили, одна часть их отражается, другая проникает в новую среду; такое явление носит название преломления. Действительно, луч света, идущий из воздуха в воду или стекло, меняет свое направление и как бы надламывается (рис. 210). Восстановим в точке падения перпендикуляр к плоскости раздела AA' .

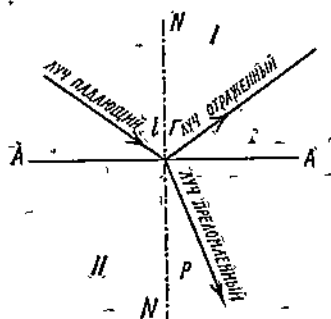


Рис. 210.

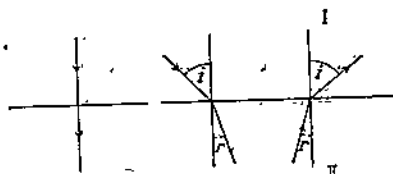


Рис. 211.

меньше $\angle i$, т. е. луч преломленный приближается к перпендикуляру NN' . В таком случае говорят, что вторая среда (у нас вода) является более преломляющей, чем первая (воздух). Наоборот, представим себе, что луч света выходит из воды в воздух, в таком случае $\angle p$ меньше $\angle i$; преломленный луч удаляется от перпендикуляра NN' и, следовательно, вторая среда (воздух) преломляет меньше, чем первая (вода). Путем опытов можно очень точно определить углы падения и преломления для различных веществ и установить следующие законы: 1) луч падающий, преломленный и перпендикуляр, восстановленный к плоскости раздела, лежат в одной

плоскости; 2) преломление бывает тем больше, чем больше угол падения; 3) если луч падает перпендикулярно, то он проходит во вторую среду без преломления (рис. 211, I); 4) если луч света падает из первой среды под углом i и, преломляясь, выходит во вторую среду под углом r , то обратно, — пущенный из второй среды под углом r , входит в первую под углом i (рис. 211, II).

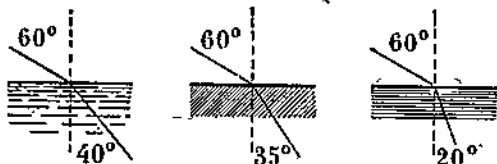


Рис. 212.

Различные вещества различно преломляют свет. Так, пуская свет, например, под углом в 60° из воздуха в воду, стекло, алмаз (рис. 212), можно заметить, что угол преломления для воды будет равен 40° , для стекла — 35° , для алмаза — 20° . Следовательно, алмаз обладает сильной преломляющей способностью...

§ 132. Преломление света в призме. Пустим луч света, на стеклянную призму (рис. 213). Луч, падая под углом i , входит в стекло под меньшим углом r , т. е. отклоняется в стекле к клирокому основанию призмы AC . Далее, падая на вторую стенку под углом b , выходит снова в воздух под большим углом a , следовательно, опять отклоняется в ту же сторону. Итак, призма поворачивает все падающие на нее лучи в своему основанию. Для глаза, помещенного в O (рис. 214), булавочки,

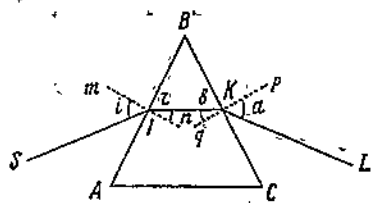


Рис. 213.

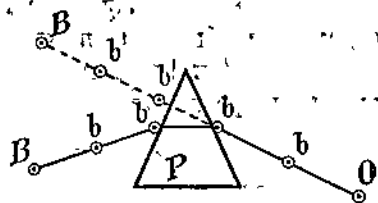


Рис. 214.

занимающие положение b, b', B , представляются расположенными по направлению выходящих лучей, т. е. по b', b'', B' .

Искажения предметов, которые мы иногда видим сквозь оконные стекла, объясняются различной толщиной стекла в отдельных местах, почему и лучи света, проходящие сквозь них, различно отклоняются в сторону утолщения стекла.

§ 133. Полное внутреннее отражение. Представим себе, что ряд лучей падает из воздуха в стекло (рис. 215). Все лучи, па-

дая из среды менее плотной в среду более плотную, войдут в стекло под меньшим углом, чем угол падения. Обратно: лучи, идущие из стекла в воздух, должны выходить под большими углами (рис. 215), и при достаточно большом угле падения (край-

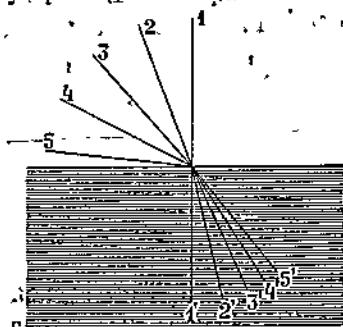


Рис. 215.

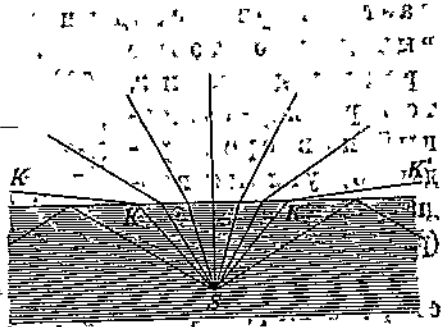


Рис. 216.

ние лучи, изображенные на рис. 216, луч света не может проникнуть во вторую среду и, достигнув границы раздела, отражается обратно. Для каждого вещества существует свой предельный угол, до которого лучи еще проникают во вторую среду, а в случае большего угла падения наступает явление полного внутреннего отражения.

Так предельный угол при переходе света из воды в воздух $\approx 48^\circ$, а при переходе из стекла в воздух $\approx 45^\circ$.

Иллюстрировать явление полного внутреннего отражения не трудно на опыте. Лучи света падают на зеркало A (рис. 217), отражаются внутрь воды на зеркало B , снова отражаясь, направляются к по-

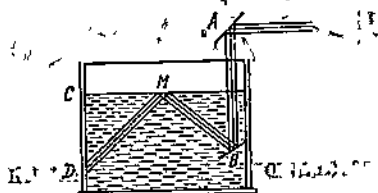


Рис. 217.

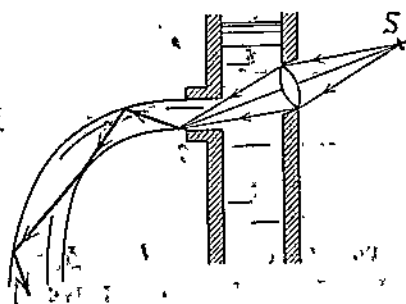


Рис. 218.

верхности воды. При некотором угле падения наблюдается полное внутреннее отражение.

§ 134. Явления, объясняемые полным внутренним отражением. Многие прозрачные вещества, как сахар, стекло, соли

будучи измельчены в порошок, становятся непрозрачными. Причина кроется в том, что лучи, попадающие в неоднородную среду, состоящую из мельчайших частиц, разделенных воздушными промежутками, отражаются от их поверхности и не проходят насквозь. Аналогичное явление мы наблюдаем и с непрозрачным снегом, хотя отдельные кристаллики его прозрачны.

Устройство светящихся фонтанов (рис. 218) тоже иллюстрирует нам случай полного внутрен-



Рис. 219.

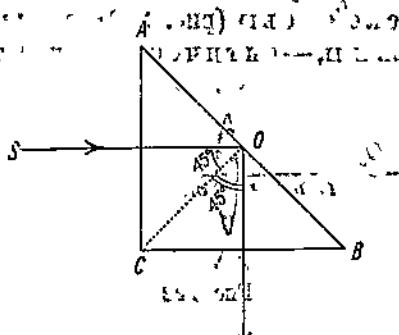


Рис. 220.

него отражения. Лучи, пущенные вдоль струи, падают на стенки струи под большими углами и, многократно отражаясь, освещают на своем пути всю струю.

В глазах ракообразных находятся подобные световые трубки (рис. 219). Часто вместо зеркал пользуются для отражения света прямыми угловыми призмами (рис. 220).

Луч света SO , падая на поверхность AB под углом в 45° , отражается от нее, как от зеркала, по направлению OS_1 .

ГЛАВА XXXI.

§ 135. Оптические стекла (линзы, чечевицы). Линзами, или чечевицами, называют прозрачные стекла, ограниченные с двух сторон шаровыми поверхностями (иногда одна из них бывает и плоская). Оптические стекла могут быть разделены на две группы: линзы, собирательные и линзы, рассеивательные. Собирательные стекла бывают трех видов: 1) двояковыпуклые (A), 2) плосковыпуклые (B), и 3) вогнутовыпуклые (C), (рис. 221). Рассеивательные стекла бывают следующие: 1) двояковогнутые (D), 2) плосковогнутые (E) и 3) выпукловогнутые (F).

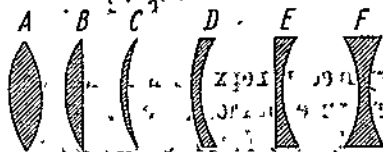


Рис. 221.

Собираательные стекла посредине толще, чем у краёв, рассеивательные — наоборот.

Прямая O_1O_2 , проходящая через центры шаровых поверхностей, ограничивающих линзу, называется главной оптической осью (рис. 222), а точка, лежащая на оси в середине линзы, — оптическим центром. Оптический центр линзы обладает тем свойством, что всякий луч, проходящий через него, выходит без преломления.

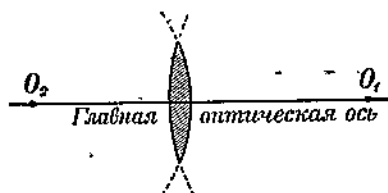


Рис. 222.

Пустим на собирательную линзу (рис. 223, I и II) пучок лучей, параллельных главной оптической оси. После преломления лучи сойдутся почти в одной

точке F_1 , находящейся за линзой; эту точку назовем главным фокусом линзы. Если пустить тот же пучок лучей, но с противоположной стороны, то лучи собираются в точке F_2 и, следовательно, линза имеет два главных фокуса, по обе стороны от оптического центра. Расстояния от фокусов до линзы назовем фокусным расстоянием. Будем обозначать это расстояние буквой F .

Если линза не особенно широка, то даже при различной кривизне ее поверхностей эти расстояния равны друг другу. Фокусное расстояние F зависит от кривизны поверхностей линзы и преломляющей способности вещества самой линзы; чем



Рис. 223, I.

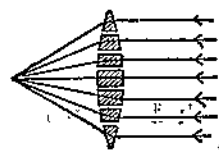


Рис. 223, II.

кривее поверхность и чем сильнее преломляет ее вещество, тем сильнее отклоняются лучи и тем короче фокусное расстояние.

§ 136. Построение изображений в линзах. Чтобы построить изображение светящейся точки в собирательной линзе, поступаем так же, как и для сферических зеркал. Построим ход двух лучей, направление которых при выходе из линзы нам известно. В точке пересечения этих лучей сойдутся и остальные лучи. Пусть S — светящаяся точка (рис. 224); проведем луч, параллельный главной оптической оси; он, преломившись, проходит через

главный фокус. Проведем теперь луч через оптический центр C , этот луч сохраняет свое первоначальное направление, так как проходит без преломления. Точка S_1 пересечения обоих лучей будет изображением точки S . Теперь рассмотрим три случая построения изображений предметов линзами.

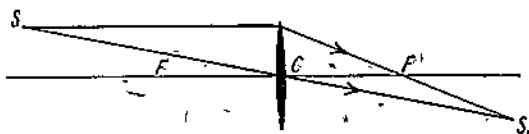


Рис. 224.

1. Предмет ab находится между линзой и F . Строим по два луча, выходящих из крайних точек (a и b), предмета ab (рис. 225).

Изображение a_1b_1 получается мнимое, прямое и увеличенное; оно находится по ту же сторону линзы, где и предмет.

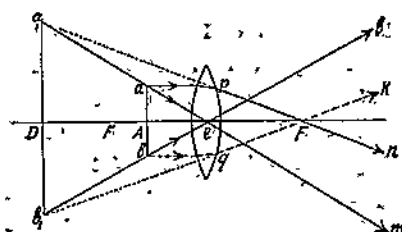


Рис. 225.

На рассмотренном действии собирающей линзы основано употребление ее как увеличительного стекла. Лупа, или простой микроскоп, служат для рассматривания мелких предметов (рис. 225). Если поместить печатный лист перед глазами на очень близком расстоянии, то печатать расплывается, и читать нельзя.

Пользуясь лупой, мы рассматриваем не самый предмет, а его мнимое, увеличенное изображение, которое отбрасывается лупой на расстояние нашего наилучшего зрения (около 25 см) (рис. 226). Лупой пользуются весьма часто как составной частью многих оптических приборов и называют ее окуляром (oculus—глаз). В биноклях, микроскопе и т. д. стекло, обращенное к глазу, есть окуляр.

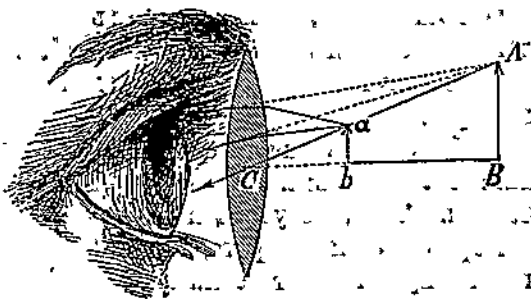


Рис. 226.

2. Поместим теперь предмет ab между F и двойным фокусным расстоянием (рис. 227). Построим те же лучи, как и в первом случае. Так как изображение верхней точки a получается внизу, а точки b вверх и в этих точках действительно сходятся преломленные лучи, то

изображение предмета AB получается действительное, увеличенное, обратное, по другую сторону линзы, за ее двойным фокусным расстоянием.

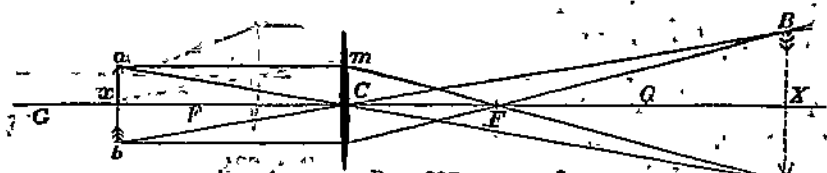


Рис. 227.

§ 137. Проекционный фонарь. Для получения увеличенных изображений пользуются рассмотренным нами вторым случаем. При обратном изображении картинка A , отпечатанная на стекле (диапозитив, рис. 228), помещают между F и $2F$ расстоянием от линзы C (объектив). На экране получают обратное и сильно увеличенное изображение. Для большей яркости освещения источник света помещают в главном фокусе вогнутого зеркала B , которое служит рефлектором. Линза D (конденсатор) концентрирует световой поток, сосредоточивая его на диапозитиве A . Чтобы получить на экране прямое изображение, диапозитив A ставят вверх ногами.



Рис. 228.

§ 138. Фотографический аппарат. Если предмет ab находится за $2F$, то изображение AB будет уменьшенное, действительное, обратное и находится за линзой между F и $2F$, что очевидно из рис. 227; если мы лучи преломленные будем считать за падающие, и наоборот.

§ 138. Фотографический аппарат. Изображения только что описанные, получаются в фотографическом аппарате, который представляет темную камеру, в передней стенке

которой имеется объектив L (рис. 229). В задней стенке камеры находится светочувствительная пластинка, на которой получается обратное и уменьшенное изображение предмета AB . Для получения отчетливых изображений на задней стенке камеры последняя делается подвижной.

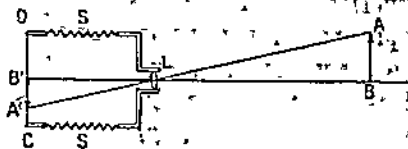


Рис. 229.

§ 139. Рассеивающие линзы. Пусть пучок лучей, идущих параллельно главной оптической оси, падает на двояковогнутую линзу (рис. 230). После преломления лучи отклоняются в сторону увеличения линзы и идут расходящимся пучком. Глаз, находящийся перед линзой, увидит мнимое изображение светящейся точки F , которую называют мнимым фокусом линзы. У всякой рассеивательной чечевицы опять-таки имеются два фокуса, симметрично расположенных по обе стороны линзы. Чем больше искривлены сферические поверхности линзы и чем сильнее отклоняются лучи веществом самой линзы, тем больше преломляются ею лучи света.

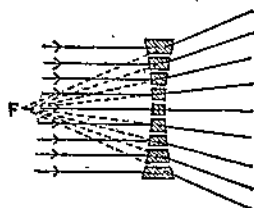


Рис. 230.

§ 140. Построение изображений. Поместим где-либо перед рассеивательной чечевицей предмет AB (рис. 231). Построим изображение его по крайним точкам A и B . Берем два луча: AC — направленный к оптическому центру C и AK — параллельно оптической оси MN . Первый проходит без преломления, второй — после преломления будет казаться выходящим из F . Продолжим оба выходящих луча до взаимного пересечения в точке a , эта точка и будет мнимым изображением точки A . Аналогично строим изображение точки B , которое получим по другую сторону оси MN и симметрично к ней расположенную. Итак, ab будет изображением AB . Где бы предмет AB ни находился, его изображение всегда бывает мнимым, прямым, уменьшенным и находится по ту же сторону линзы, где и предмет (между чечевицей и F). Поэтому, смотря на различные предметы

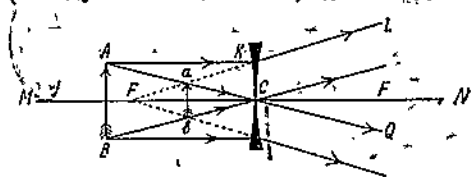


Рис. 231.

через вогнутую линзу, мы видим их уменьшенными и приближенными. Вогнутые линзы и выпуклые имеют широкое применение в устройстве очков, с чем мы познакомимся несколько позже.

§ 141. Работа 29. Исследовать случаи изображения, даваемых собирательными линзами. Возьмем выпуклую линзу и на далеком расстоянии от нее поместим свечу. Измерим расстояние от линзы до изображения свечи на бумажном экране. Это изображение близко к величине главного фокусного расстояния. Проследим за изменением изображений при приближении свечи к линзе. Каково изображение свечи, когда она находится на расстоянии $2F$? Что происходит с изображе-

нием, когда мы передвигаем свечу между F и $2F$? Что мы видим на экране, когда свеча находится в F ? Каково изображение свечи при дальнейшем приближении ее к линзе?

§ 142. Применение линз и зеркал в медицине. Большая часть света, проникающая в глаз, поглощается сетчатой и сосудистой оболочкой, часть же его отражается. Для исследования глаза:

ного дна и искусственного освещения сетчатки пользуются обычно прибором, изобретенным физиком Гельмгольцем и названным офтальмоскопом.

Офтальмоскоп состоит из

маленького вогнутого или плоского зеркальца, в центре которого находится отверстие, приблизительно в 2 мм (рис. 232). Врач смотрит через это отверстие, направляя в то же время при помощи зеркала свет пламени на рассматриваемый им глаз. В правой руке исследователя находится выпуклая линза, которая дает увеличенное и обратное изображение. Пользуясь такой установкой, можно видеть внутреннее строение глаза во всех подробностях.

Сплошь и рядом в медицине приходится пользоваться не только освещением снаружи, но и внутренним, при котором в исследуемую полость вместе с оптическим аппаратом вводится лампочка для освещения.

При помощи одного

из таких инструментов — цистоскопа, вводимого через мочеиспускательный канал, производится осмотр мочевого пузыря. На рис. 233 мы видим внешний вид цистоскопа, а на рис. 234 схему его действия. BD — исследуемый участок стенки пузыря; луч света, идущий от точки B , изображен штриховой линией; луч, идущий от точки D , — пунктиром. В a находится призма (с полным внутренним отражением). Объектив Ob отбрасывает изображение BD в направлении собирательной мочевыщелусти.



Рис. 232.

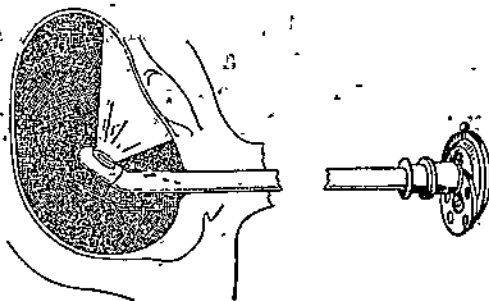


Рис. 233.

линза d_1 направляет это изображение AB в f_1 и окуляру k . Такое двукратное обращение изображения дает в конце концов прямое изображение участка BD . На рис. 233 мы видим, что конец цистоскопа изогнут и в нем помещается маленькая лам-

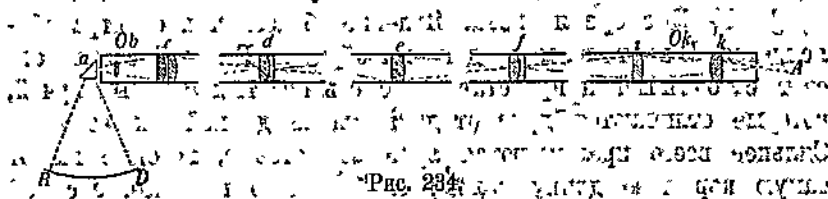


Рис. 233.

почка, накаливания, для освещения исследуемого поля. На правом конце имеется круг со стеклами, для удобства перемены собирательных и рассеивательных линз, заменяющий передвижение прибора при глубоких исследованиях.

ГЛАВА XXXII. СЛОЖНОСТЬ БЕЛОГО СВЕТА.

§ 143. Сложность белого света. Знаменитый английский физик Ньютон в шестидесятих годах XVII века произвел ряд опытов, доказавших сложность белого света. Представим себе тонкий пучок белого света (солнечного или от лампы), падающий на стеклянную призму. Мы уже знаем, что свет, попадая в призму, преломляется и отклоняется в сторону ее основания. Если преломленные лучи пустить на белый экран, то нетрудно

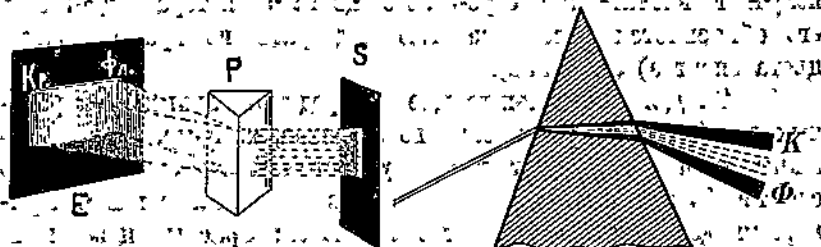


Рис. 235.

Рис. 236.

заметить, что светлое пятно на экране приобретает радужную окраску. Такое радужное пятно называют спектром. Чтобы явление светорассеяния было более отчетливо, пропускают лучи света через узкую щель, поставленную параллельно ребрам призмы. Тогда на экране (рис. 235) получается ряд изображений щели, окрашенных в различные оттенки, начиная с красного и кончая фиолетовым (рис. 236 и 237). Из множества, всевозможных, оттенков особенно легко различать следующие семь:

красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый. Эти же оттенки можно легко наблюдать в радуге, которая происходит благодаря преломлению солнечных лучей в каплях воды.

§ 144. Дисперсия света. Явление образования спектра объясняется Ньютоном следующим образом. Белый свет есть свет сложный и представляет смесь простых цветных лучей, которые отличаются друг от друга лишь длиной их волны.¹ Сильнее всего преломляются лучи фиолетовые, которые имеют самую короткую длину волны; слабее всего красные, с самой большой длиной волны. Благодаря этому призма производит анализ сложного белого света, развертывая его в спектр. Явление разложения света носит название дисперсии (dispersio — рассеяние).

§ 145. Синтез белого света. Доказав на опыте, что белый свет — сложный, Ньютон разрешил и обратную задачу — получил белый свет из отдельных составных лучей спектра, т. е. осуществил впервые синтез белого света.

1. При помощи собирательных линз Ньютон сконцентрировал на экране цветные лучи в одну точку и получил белое пятно.

2. Он приводил во вращение цветной круг, на поверхности которого нанесены секторы цветов спектра. При быстром вращении отдельные цвета как бы сливаются друг с другом, и глаз получает впечатление серо-белого цвета (некоторая цветность его объясняется невозможностью подобрать из красок точные цвета спектра) (рис. 238).

§ 146. Дополнительные цвета. Среди отдельных спектральных лучей существует множество оттенков, которые, будучи смешаны попарно, дают в совокупности впечатление белого света. Такие цвета называются дополнительными. Примерами дополнительных цветов являются: красный и зеленый, желтый и синий и т. д. (рис. 238, а).

§ 147. Окраска тел. Если поместить в различных местах спектра кусочки цветных бумажек, то нетрудно убедиться, что красная бумага будет казаться красной лишь в красных лучах, а в остальных местах спектра почти черной; зеленая бумажка

¹ С XVII столетия в науке введено учение о том, что все мировое пространство и все тела заполнены так называемым мировым эфиром. Свет есть волнообразное колебание эфира. Самые короткие волны эфира, видимые глазом, — фиолетовые, самые длинные — красные. В дальнейшем мы познакомимся более подробно с различными видами лучистой энергии.



Рис. 237.

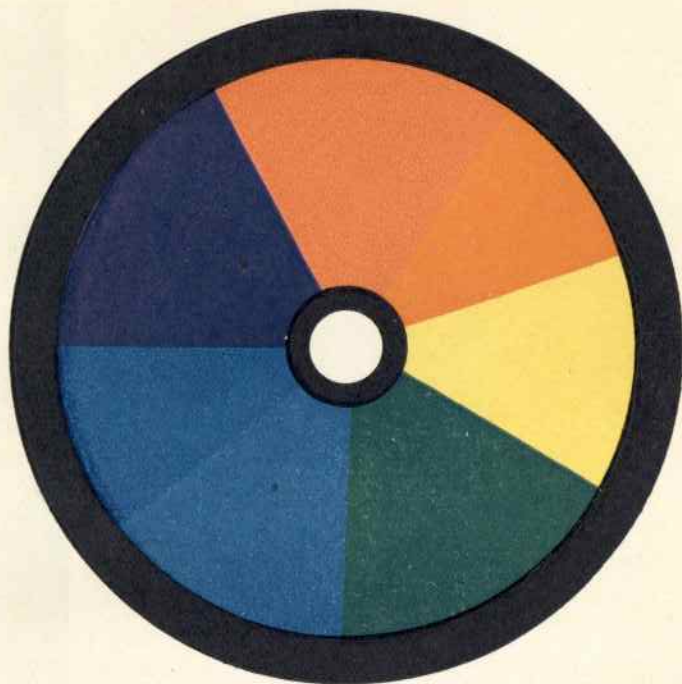


Рис. 238.

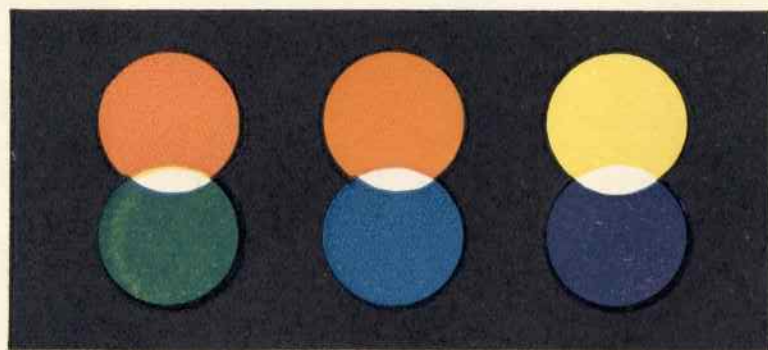
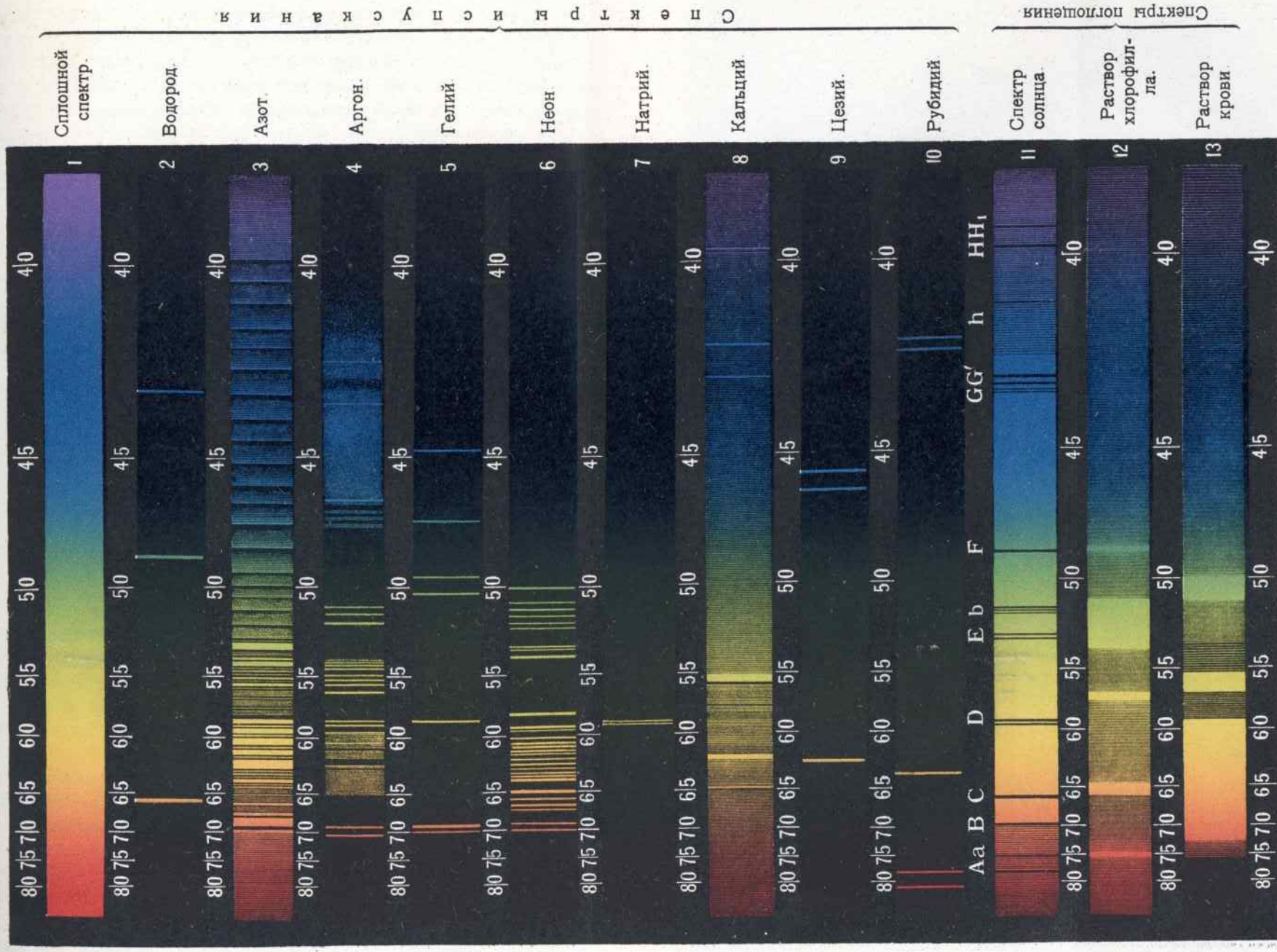


Рис. 238а.

ТАБЛИЦА СПЕКТРОВ



Цифры вдоль спектров указывают длины волн в сотых долях миллиметра.

будет видна зеленой в зеленой части спектра и т. д. Тела, покрытые красной краской, рассеивают красные лучи и поглощают остальные; тела, покрытые зеленой краской, рассеивают зеленые и т. д. Итак, цветность тела зависит от того, какие лучи рассеиваются телом и какие поглощаются. Когда на белую бумагу падает белый свет, то все оттенки одинаково рассеиваются, и мы видим белый цвет. Окраска прозрачных тел, например цветных стекол, зависит от способности их пропускать лишь определенные цветные лучи и поглощать остальные.

§ 148. Понятие о спектральном анализе. Мы уже знаем, что белый свет, идущий от твердых раскаленных тел, представляет собой свет сложный, состоящий из множества цветных лучей спектра. Если пропускать сквозь призму лучи от раскален-

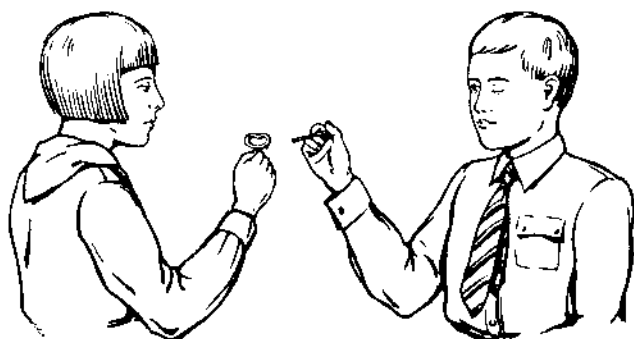


Рис. 238,б.

ных жидкостей, напр. от расплавленных металлов, то на экране опять будут наблюдаться спектры, включающие всевозможные цветные лучи, начиная с красных и кончая фиолетовыми.

Такие спектры получили название сплошных, или непрерывных. Значительно удобнее наблюдать спектры в приборах, называемых спектроскопами. Рассмотрим устройство спектроскопа прямого зрения (рис. 238,б). Последний представляет собой трубочку, внутри которой имеется узкая щель, затем собирающая линза и несколько призм из различных сортов стекла. Свет разлагается призмами на цветные лучи и при том так, что глаз, находящийся в O , видит среднюю часть спектра вдоль оси трубки, т. е. по прямому направлению.

Если мы зажжем спиртовую или газовую горелку и посмотрим на пламя в спектроскоп, то увидим сплошной спектр, но очень бледный, так как в пламени очень мало твердых раскаленных частиц углерода. Внесем теперь в пламя немного пова-

ренной соли, последняя испарится, а в спектроскопе сейчас же появляется яркая желтая полоска (Табл. 4). Другие соли натрия дают аналогичную картину. Если вносить в пламя соли лития, бария и др. металлов, то их пары представляют также спектры не сплошные, а состоящие из отдельных линий того или иного цвета. Так например, раскаленные пары водорода дают три ярких полосы, расположенные в красной, зеленой и синей части спектра. Итак, всякому веществу в раскаленном газообразном состоянии присущ определенный линейчатый или прерывистый спектр (Табл. 4).

Станем теперь рассматривать в спектроскоп пламя свечи сквозь пламя паров натрия в газовой горелке. На общем ярком фоне появляется темная полоска и как раз на том месте, где появлялась раньше характерная полоска желтого цвета от паров натрия. Такой спектр носит название спектра поглощения.

Итак пары натрия имеют способность поглощать те самые лучи, которые испускаются ими в раскаленном состоянии. Рассмотренный нами пример представляет частный случай общего закона, установленного физиком Кирхгофом: различные вещества обладают способностью поглощать те лучи света, которые они испускают в раскаленном состоянии.

Как спектры испускания, так и спектры поглощения играют весьма важную роль в исследовании химического состава различных веществ. Метод изучения состава тел путем исследования света спектроскопами носит название спектрального анализа. Ничтожнейшие количества вещества, неулавливаемые самими чувствительными весами, бывают достаточными для открытия их спектроскопом. Насколько велика чувствительность такого анализа, мы можем заключить из того, что пылинки, носящиеся в комнате, содержа следы солей натрия, попадают в пламя газовой горелки и дают хорошо заметную в спектроскоп желтую полосу. Спектральный анализ дал возможность не только установить состав сложных веществ, имеющих на земле и открыть ряд новых элементов, но также исследовать состав и физическое строение солнца, звезд и др. небесных тел. Любопытно отметить, что элемент гелий был открыт сначала в солнечной хромосфере, а затем найден и на земле. Спектрами поглощения раствора крови пользуются в медицине для определения процентного содержания оксигемоглобина, что очень важно для распознавания многих болезней.

ГЛАВА XXXIII.

§ 149. Глаз и зрение. Глазное яблоко представляет собою шарообразное тело, окруженное плотной белковой оболочкой *S*, называемой склерой (рис. 239). В передней более выпуклой части *C* склера прозрачна и называется роговицей, во всей остальной части глаза она не прозрачна и имеет белый цвет (белок). Внутренняя поверхность склеры устлана второй оболочкой, называемой сосудистой (на рис. изображена темной линией), в ней разветвляются кровеносные сосуды, питающие глаз. В передней части глаза сосудистая оболочка переходит в ресничное тело с мышечными ресничными волокнами, а далее образует радужную оболочку *I*, видимую через роговицу и окрашенную различно у разных людей. В радужной оболочке имеется отверстие *P* — зрачок. Наконец внутренняя полость глаза выложена сетчаткой *R* (ретиной), которая есть разветвление зрительного нерва *O*.

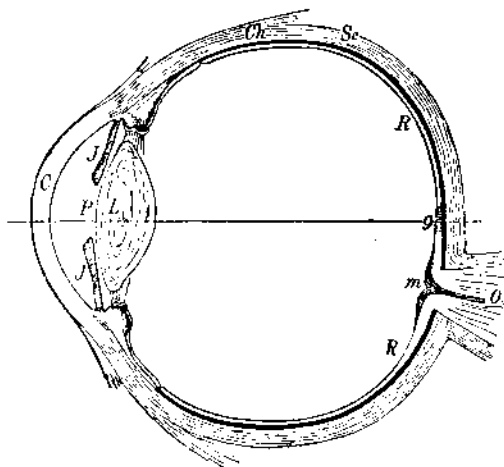


Рис. 239.

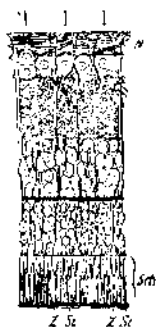


Рис. 240.

Нервные окончания сетчатки состоят из колбочек и палочек (рис. 240). Число всех палочек около 130 миллионов, колбочек — около 7 миллионов. Палочки окрашены красным пигментом — зрительным пурпуром, который от действия света обесцвечивается, а затем снова восстанавливается.

Палочки и колбочки отсутствуют на месте вхождения (*m*) в глаз зрительного нерва *O*. Это место называют слепым пятном. Миллиметра на 4 от слепого пятна находится желтое пятно *g* — место, самое чувствительное к световым раздражениям. Посредством мышцы *Сп* мы можем поворачивать глаз в различных направлениях. Позади радужной оболочки, в особой сумке, лежит упругое, двояковыпуклое, прозрачное тело — хрусталик *L*.

Хрусталик подразделяет глаз на две полости: в передней на-

мере содержится жидкость — водянистая влага, во внутренней — студенистое вещество.

§ 150. Глаз как оптический аппарат. Передняя камера глаза, хрусталик и стекловидное вещество составляют вместе один сложный собирательный аппарат. Оптическим центром всей этой сложной системы является узловая точка глаза K , которая лежит в хрусталике около его задней стенки. Всякий луч, проходящий через точку K , идет без преломления (рис. 241). Через центр зрачка и точку K проходит оптическая ось глаза. Благодаря преломлению света лучи, идущие от предмета SS , пересекаясь, дают на сетчатке обратное и

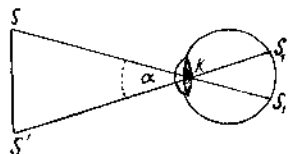


Рис. 241.

уменьшенное изображение S_1S_1' . Глаз напоминает нам фотографическую камеру, в которой роль объектива выполняет преломляющая система глаза, а роль экрана — сетчатка.

§ 151. Аккомодация у животных и человека. На сетчатке, как на фотографической пластинке, должны получаться ясные изображения предметов. В фотографической камере это достигается изменением расстояния между объективом и пластинкой (камера раздвижная). У многих животных, как, например, у рыб, амфибий и др., глаз устроен аналогично раздвижной фотографической камере. Действительно, они имеют возможность передвигать свой шарообразный хрусталик к сетчатке или удалять его, что видно на рис. 242. У большинства позвоночных и у человека расстояние между хрусталиком и сетчаткой неизменно, а способность приспособляться к рассматриваемым предметам с различных расстояний осуществляется изменением кривизны хрусталика. Благодаря напряжению ресничной мышцы кривизна хрусталика возрастает, и глаз преломляет сильнее, при расслаблении мышцы хрусталик становится более плоским и начинает преломлять слабее.

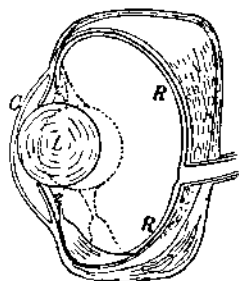


Рис. 242.

Эта способность глаза приспособляться к расстояниям называется аккомодацией. Нормальный человеческий глаз может видеть очень далеко (например, звезды); дальнейшая точка видения лежит в бесконечности, ближайшая точка ясного видения находится на расстоянии 14 см. Если приближать к нормальному глазу предмет ближе 14 см, его изображение становится расплывчатым, следовательно глаз имеет определенные пределы аккомо-

дации. В старости способность к аккомодации вследствие уплотнения хрусталика постепенно теряется.

§ 152. Дальнозоркость и близорукость. Очки. Глаз, обладающий оптической силой большей, чем у нормального, называется близоруким. Близорукий, или миопический, глаз вследствие сильного преломления собирает лучи перед сетчаткой. Происходит это благодаря тому, что глазное яблоко слишком удлинено по оси (рис. 243). Для собирания лучей на сетчатке на помощь близорукому глазу надо поместить на пути лучей рассеивающую линзу, т. е. вогнутые очки.

Дальнозоркий, или гиперметропический, глаз соединяет лучи за сетчаткой (рис. 244); глазное яблоко укорочено и преломлению лучей недостаточно сильно. Для исправления дальнозоркости следует пользоваться собирательными линзами, т. е. выпуклыми очками.

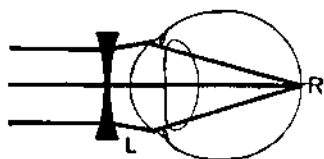


Рис. 243.

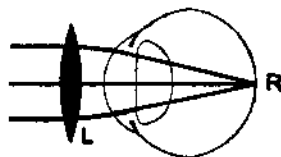


Рис. 244.

Замечено, что дальнозоркость развивается со старостью и происходит оттого, что с годами хрусталик теряет свою способность к аккомодации. Ношение неподходящих очков может испортить зрение, а потому выбор очков всегда должен быть сделан опытным врачом.

Оптическая сила линз, а следовательно и очков, выражается в диоптриях. Число диоптрий равно единице, деленной на фокусное расстояние линзы, выраженное в метрах. Если, например, линза имеет $F=1$ м, то оптическая сила ее $\frac{1}{F}$ = одной

диоптрий, если $F=20$ см $= \frac{1}{5}$ м, то $\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{1}{5}} = 5$ диоптрий и

т. д. Чем меньше F , чем линза более короткофокусная, тем большему числу диоптрий соответствует ее оптическая сила. По старой системе силу линз характеризовали номерами. Номер линзы есть не что иное, как фокусное расстояние, выраженное в дюймах. Чем меньше номер очков, тем сильнее линза.

Работа 30. Определить число диоптрий и номер очков.

§ 153. Зрение. Изображения, получаемые на сетчатке, — обратные, тогда как мы видим все предметы не опрокинутыми. Объясняется это прежде всего тем, что мы вовсе не рассматриваем полученных в глазу изображений. Раздражения, получаемые сетчаткой, передаются глазным нервом головному мозгу; уже с детства мы привыкли ассоциировать зрительные впечатления с соответствующими ощущениями, полученными путем осязания, с нашими движениями и с движением наших глаз. Поэтому мы правильно оцениваем положение предметов, хотя их изображения и получаются в опрокинутом виде.

Когда мы рассматриваем что-либо, мы направляем наши глаза так, чтобы изображение упало на желтое пятно, на котором изображение получается правильное всего и где сетчатка особенно чувствительна к дневному свету. Когда изображение предмета не уменьшается на желтом пятне, мы незаметно для себя передвигаем глаза. Так, при чтении



Рис. 245.

книги мы водим глазами по отдельным строчкам. Если изображение предмета падает на слепое пятно, то глаз ничего не видит. Закроем левый глаз, а правым будем смотреть пристально

на крестик (рис. 245). При отодвигании рисунка на расстояние около 20 см от глаза мы замечаем, как черный кружок вдруг исчезает. Кружок попадает на слепое пятно, которое лишено колбочек и палочек, чувствительных к световым раздражениям.

§ 154. Зрительные следы. Зрительные ощущения сохраняются в наших глазах некоторое время, в зависимости от яркости и длительности света. Если, например, вращать на проволочке уголек, то наш глаз видит сплошную огненную полосу света, так как отдельные следы успевают сохраниться в глазах одновременно и сливаются вместе. На этой способности сетчатки сохранять зрительные ощущения основан общезвестный аппарат — кинематограф, в котором быстро чередующиеся фотографические снимки сливаются в одну общую живую картину.

§ 155. Восприятие цветных ощущений. Согласно теории Юнга и Гельмгольца в сетчатке глаза имеются три рода нервных элементов, раздражение которых вызывает ощущение или красного, или зеленого, или фиолетового цвета. Когда элементы всех трех родов возбуждаются в одинаковой сте-

пени, глаз получает впечатление света белого. При преимущественном раздражении волокон, реагирующих на один цвет, мы получаем ощущение одного цвета. Так как смешением вышеуказанных трех основных цветов можно получать всевозможные цвета, то нормальный глаз может видеть всевозможные цветные оттенки. Отсутствие ощущений какого-либо из основных цветов ведет к так называемой слепоте на цвета. Слепому на красный цвет тела с красной окраской кажутся зелеными, т. е. дополнительными и т. д. Подобная ненормальность зрения называется дальтонизмом, по имени знаменитого химика Дальтона, страдавшего цветной слепотой.

Цветная утомляемость сетчатки хорошо объясняется теорией Юнга-Гельмгольца. Если мы смотрим несколько минут на кусок красной материи, а затем передвигаем глаза на белый фон, то он кажется нам зеленым. Элементы сетчатки, реагирующие на красные лучи, утомлены, и глаз сильнее всего реагирует на лучи, дополнительные к красным, т. е. зеленые. Заметим теперь, что глаз, являясь весьма тонким и чувствительным органом, в противоположность уху не обладает способностью разлагать (анализировать) сложные раздражения белого света. Ухо при звуках оркестра слышит отдельные тоны, издаваемые различными инструментами и голосами, так как отдельные кортневые волокна отвечают на различные тоны. Колбочки, находящиеся в нервных окончаниях сетчатки, отзываются на раздражения от всевозможных световых лучей, и глаз, благодаря такому анатомическому строению, не обладает способностью анализировать цветные лучи.

§ 156. Зрение двумя глазами. Когда мы рассматриваем предмет двумя глазами, то глазные мышцы устанавливают глаза так, чтобы изображение предмета падало на место лучшего видения, т. е. на желтое пятно. Будем называть линией прямого зрения прямую, соединяющую желтое пятно с рассматриваемым телом. Пусть нами рассматривается точка A . Обе линии прямого зрения (рис. 246) сводятся на фиксируемую точку, и оба изображения ее a и a_1 получаются на желтых пятнах. Все остальные точки предмета, лежащие в той же плоскости MN , например точка B , также дают одиночные раздражения в b и b_1 , которые расположены в том и другом глазу несимметрично относительно желтых пятен. Такие несимметричные точки, которые производят все же одно ощущение, называются идентичными.

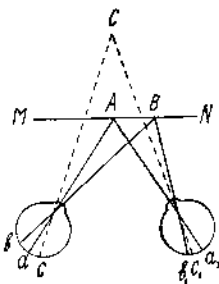


Рис. 246.

Точки, расположенные дальше или ближе плоскости MN , например точка C , двоятся при данном положении глаз. Поместим перед носом карандаш и будем внимательно смотреть на него; предметы, находящиеся за карандашом, двоятся; наоборот, будем смотреть на предмет, находящийся за карандашом, — карандаш двоятся.

Поставим на стол закрытую книгу корешком к глазам и посмотрим сначала одним левым глазом, а затем правым. Мы замечаем, что левый глаз видит кроме корешка еще и левую сторону книги, правый глаз — правую сторону переплета. Итак, благодаря неодинаковому положению обоих глаз мы имеем возможность рассматривать предметы не только спереди, но отчасти и с боков; изображения, получаемые на сетчатках, не тождественны. Ясно, что зрение двумя глазами дает нам представление не только о протяженности предмета в ширину и высоту, но еще и в глубину, оно позволяет нам, например, видеть «глубину» пейзажа или его «рельеф».

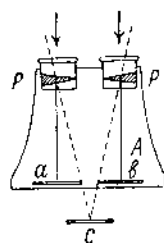


Рис. 247.

§ 157. Стереоскоп. Чтобы при помощи рисунков воспроизводить телесное изображение предметов, делают два фотографических снимка с двух точек, расположенных так, как они представляются левому и правому глазу наблюдателя. Рассматривая такие снимки (a и b) в стереоскоп (рис. 247), мы можем слить их в один (C) при помощи двух собирательных линз P и P , тогда обе кар-

тинки, налегая друг на друга, дают отчетливое впечатление рельефа.

§ 158. Гигиена зрения. Глаз является для человека незаменимым, ценным органом. Для сохранения зрения надо работать при достаточно большом, но не слишком сильном освещении, и при возможно малом напряжении аккомодации (сравни § 151). Следует избегать смотреть непосредственно на источник света, например на волоски электрической лампы или на пламя свечи. Маленькое изображение на сетчатке обладает в этом случае большой «удельной» яркостью и быстро утомляет данное место сетчатки. Для избежания этого свет лампы полезно рассеивать абажурами, матовыми колпачками и пр. Замечено, что голубой свет действует успокоительно, а красный — наоборот. Случается, что хрусталик глаза становится непрозрачным (катаракт). В таком случае его удаляют, и после операции человек может видеть лишь с помощью очков, а способность к аккомодации, конечно, пропадает совершенно.

§ 159. Сложный микроскоп. Нами уже рассмотрен так называемый простой микроскоп, или лупа. Рассмотрим теперь устройство микроскопа сложного. Он представляет собою при-

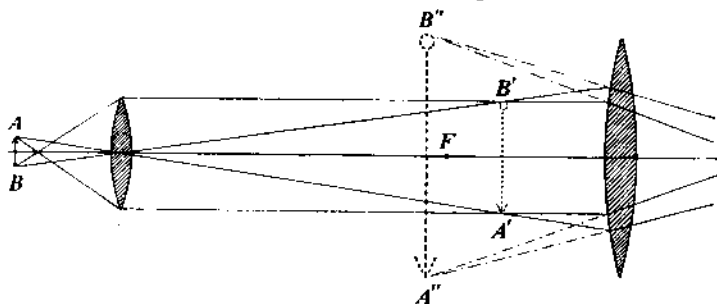


Рис. 248.

бор, состоящий из двух собирательных систем, из которых одна обращена к рассматриваемому предмету и называется объективом, другая обращена к глазу и называется окуляром (рис. 248). Весьма маленький предмет AB помещается перед короткофокусным объективом, немного дальше его главного фокусного расстояния. Лучи, идущие из AB , дают сильно увеличенное и обратное изображение $A'B'$, которое попадает перед окуляром между его фокусным расстоянием F и линзой. Рассматривая $A'B'$ через окуляр, мы будем видеть мнимое и еще более увеличенное изображение $A''B''$ (отброшенное на расстояние нашего лучшего видения, т. е. 25 см). Предмет AB (рис. 248) освещается сильно при помощи вогнутого зеркала $З$ (рис. 249), на которое направлен или солнечный свет, или свет от сильного источника освещения. Объективы и окуляры (обычно составленные из комбинации нескольких линз) помещаются в трубку, которая закреплена на особом штативе и может перемещаться с помощью винтов B . Между зеркалом $З$ и предметным столиком находится диафрагма, посредством которой можно направлять на предмет любую часть светового потока (рис. 249).

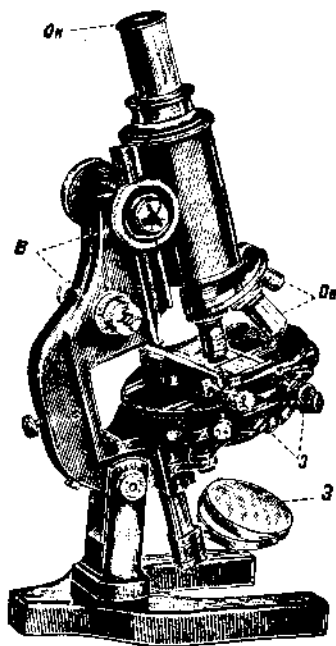


Рис. 249.

Следует различать увеличение и разрешающую способность микроскопа. Увеличить изображение можно во сколько угодно раз. Получив, например, тысячекратное увеличение в микроскопе, можно при помощи проекционного фонаря увеличить его еще в 1000 и более раз и т. д. Пользы от такого увеличения будет мало, в изображении не обнаружится никаких новых деталей, видно будет все то же, что и раньше, но только в увеличенном размере. Представим себе две отдельные точки *A* и *B*, находящиеся, положим, на расстоянии в 1 микрон ($\frac{1}{1000}$ доля мм).

Для невооруженного глаза они сливаются в одну точку, глаз их не «разрешает». В хороший микроскоп те же точки разъединятся, разрешатся. Наименьшее расстояние, на котором две отдельные точки кажутся в микроскоп разъединенными, называется его разрешающей способностью. Видимый свет обладает длиной волны (см. следующий параграф) в десятые доли микрона. Теоретически можно доказать, что нельзя построить микроскоп, который обладал бы разрешающей способностью, позволяющей различать предметы много меньше, чем длина световой волны. Повышать увеличение микроскопа дальше определенной границы в этом смысле совершенно безнадежно. Наименьшие предметы, которые еще можно увидеть в самый совершенный микроскоп, должны иметь линейные размеры не меньше десятых долей микрона. Если увеличить эти размеры в 1000—3000 раз, мы получим видимые длины около миллиметра, удобные для обозрения. Стремиться к дальнейшему увеличению нецелесообразно. Поэтому лучшие микроскопы строятся для увеличения примерно в 3000 раз, они дают все, что вообще можно увидеть с микроскопом. Выше (§ 18) говорилось, что молекулы имеют линейные размеры в десятитысячные доли микрона, увидеть их в микроскоп поэтому не удастся никогда.

ГЛАВА XXXIV.

§ 160. Природа света. Лучистая энергия какого угодно вида распространяется в пустоте с конечной скоростью в 300 000 км в секунду. Солнечный свет достигает до земли примерно в 8 минут. Для объяснения явления света в науку введена гипотеза о существовании мирового эфира. Согласно этой гипотезе все мировое пространство, все тела, а также промежутки между их молекулами и атомами за-

полнены особой тонкой и невесомой материей, которую называли эфиром. Весь мир является как бы погруженным в безграничный океан эфира, а световые явления есть не что иное, как волнообразные колебания эфира. Установлено, что существуют весьма разнообразные колебания эфира, отличающиеся друг от друга лишь длиной волны. Удалось весьма точно измерить длины волн эфира и доказать, что самые короткие волны, воспринимаемые нашим глазом, как свет, имеют длину в $0,4 \mu$; это — те световые лучи, которые мы называем фиолетовыми. Наиболее длинные волны — красные — имеют длину в $0,76 \mu$. Глаз обладает способностью воспринимать в виде света лишь такие волны эфира, длины которых находятся между границами $0,4 - 0,76 \mu$.

§ 161. Виды лучистой энергии. Видимой частью спектра далеко не исчерпываются волны эфира. Еще в 1800 г. астроном Гершель, помещая зачерненный шарик термометра в часть спектра, предшествующую красной, обнаружил некоторое повышение температуры. Этот опыт свидетельствует нам, что существуют невидимые лучи, длины волн которых, очевидно, более $0,76 \mu$. Эти лучи названы инфракрасными. В настоящее время удалось найти инфракрасные лучи с длинами волн от $0,76 \mu$ до 314μ .

В 1801 г. Риттер, отбрасывая на светочувствительной бумаге солнечный спектр, нашел, что бумага подвергается изменениям дальше того места, где заканчивается видимая часть лучей фиолетового цвета. Лучи эти были названы ультрафиолетовыми. Такие ультрафиолетовые лучи удалось проследить в интервале примерно от $0,01 \mu$ до $0,4 \mu$. Ультрафиолетовые лучи обладают сильными химическими свойствами (действуют, например, на фотографическую пластинку и т. д.) и кроме того вызывают свечение некоторых солей (например, двойной соли платины и бария). Поместив в ультрафиолетовую часть спектра экран, покрытый такой солью, мы заметим красивое зеленовато-голубое свечение.

В 1888 г. немецкий физик Герц обнаружил впервые существование волн эфира, возникающих при электрических явлениях (при так называемых электрических разрядах, искрах). Эти электромагнитные волны утилизируются теперь в беспроводной телеграфии и телефонии. Можно получать электромагнитные волны с длинами от десятых долей мм до десятков километров. Итак, существуют эфирные волны, начиная от практически бесконечно больших до волн с длинами в сотые доли

микрона. Но и здесь еще нет границы. Лучи Рентгена (ср. § 198) и так называемые гамма-лучи радия являются продолжением ультрафиолетовых лучей, обладая еще более короткими длинами волн в тысячные и десятитысячные доли микрона и еще меньше. Коротко можно сказать, что в природе обнаруживаются эфирные волны любой длины — от практически бесконечно больших до практически бесконечно малых. Все они распространяются в пустоте (или эфире) с одной и той же скоростью 300 000 км в секунду, преломляются, отражаются и т. д., т. е. вполне уподобляются световым волнам и различаются друг от друга лишь длиной волны. Совокупность всех эфирных волн и называют «лучистой энергией». Наш глаз способен воспринимать лишь ничтожную долю этих разнообразных колебаний, которую мы называем видимым светом. Глаз приспособлен к характеру солнечного излучения.

ГЛАВА XXXV.

§ 162. Светолечение. Лечение солнечным светом (гелиотерапия) применялось различными народами (египтянами, римлянами и др.) с незапамятных времен глубокой древности. С точки зрения физиотерапии солнечный свет представляет один из самых драгоценных лечебных средств.

Всею хорошо знакомо покраснение кожи, которое наступает от длительного действия солнечных лучей в виде легкого воспаления — эритемы, — которое проявляется затем общезвестным загаром кожи. Установлено, что эритема, и пигментация кожи, вызываются не тепловыми лучами, т. е. красными и инфракрасными, а исключительно голубыми, фиолетовыми и ультрафиолетовыми лучами спектра. Действительно, известны, например, случаи ожогов у путешественников полярных стран при температуре, значительно более низкой, чем точка замерзания воды. Было установлено, что пигментация, развивающаяся от светового воспаления, защищает кожу от дальнейшего действия химических лучей. Различная окраска человеческих рас объясняется защитным действием пигмента против этих лучей света. Красная и желтая кожа индейцев и монголов задерживает довольно много химических лучей; еще в большей степени относится это к черной коже негров. Можно доказать, что ультрафиолетовые лучи несколько проникают в кровеносные сосуды через белую кожу людей северных рас и поглощаются в крови. Если осветить, например, руку ультрафиолетовыми лучами, то часть их отражается,

остальные поглощаются в коже и в крови. Если теперь обескровить руку, туго порывязав ее, то отражение ультрафиолетовых лучей увеличивается за счет уменьшения поглощения в крови. Ультрафиолетовые лучи вызывают химическое действие в крови, и продукты их разносятся по всему организму. (Опыты Шуберта.) Основываясь на раздражающем действии голубых, синих, фиолетовых и ультрафиолетовых лучей, Финзен предложил пользоваться так называемым отрицательным лечением светом при тех заболеваниях кожи, на которые вышеуказанные химические лучи действуют неблагоприятно. Сущность этого метода заключается в выключении химических лучей при помощи красного стекла или ткани. Благодаря такому методу лечения Финзену удалось уменьшить нагноительный период при оспе,

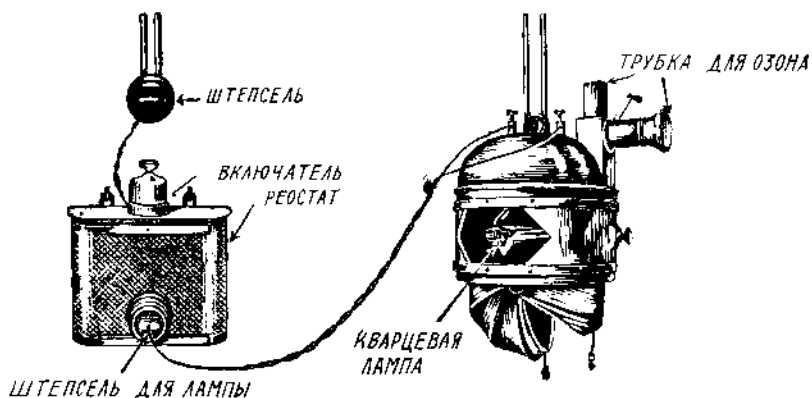


Рис. 250.

а следовательно и уменьшить образование рубцов на кистях рук и лице, т. е. на тех местах, которые подвергаются более всего действию света.

Финзеном введено также положительное светолечение, т. е. применение химических лучей, вызывающих воспаленные, для лечения волчанки и др. заболеваний. Вначале применялся лишь концентрированный солнечный свет. Но хотя солнце и представляет идеальный источник света, к сожалению человек не всегда может располагать им по своему усмотрению. Даже в самых солнечных местах земного шара (Египет, Калифорния и др.) солнцем можно пользоваться только около 3 000 час. из общего количества 8 760 часов года. В дальнейшем перешли к пользованию светом электрической дуговой лампы, свет которой богат фиолетовыми и ультрафиолетовыми лучами. В поисках за новыми источниками искусственного света воспользовались

так называемой ртутной кварцевой лампой. В кварцевых лампах светится ртутная вольтова дуга, кварц пропускает очень много лучей из ультрафиолетовой части спектра; такие лампы в меди-

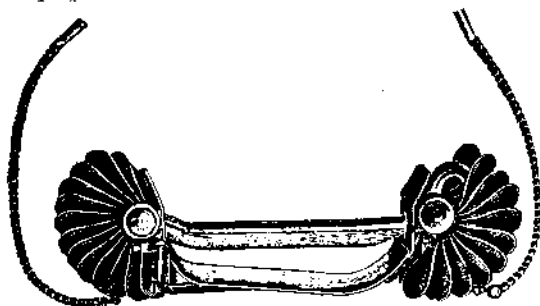


Рис. 251.

цине носят название искусственного горного солнца. На рис. 250 мы видим кварцевую лампу, помещенную в металлический футляр, с раздвижным абажуром, включенную в сеть

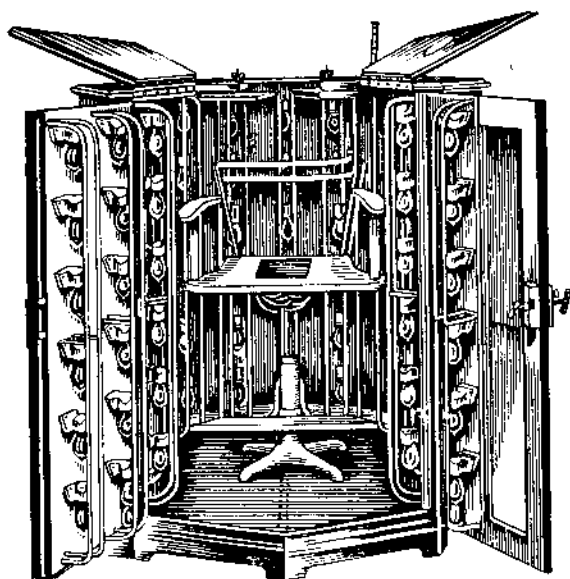


Рис. 252.

электрического тока; на рис. 251 отдельная лампа, представляющая прозрачную кварцевую трубку длиной в 6 — 12 см, концы которой расширены и одеты всевозможными металлическими пластинками, служащими для отведения тепла. В сосудах находится ртуть, которая при наклонении трубки перекачивается из одного

конца трубки в другой. На месте разрыва ртути образуется дуга, целиком наполняющая световую трубку.

Кроме вышеуказанных методов лечения светом пользуются также световыми ваннами (рис. 252) от обыкновенных лампочек накаливания. Свет лампочек накаливания содержит лишь минимальное количество фиолетовых и ультрафиолетовых лучей, а богат лучами красными и инфракрасными — тепловыми. Поэтому действие их сводится лишь к согреванию тела. Этот метод лечения применяется следовательно при болезнях, когда желательно обильное потоотделение (потогонные ванны).

Наконец в терапии употребляется лечение красными и синими лучами. Впoreди источника света помещают красное или синее стекло, выделяющее лучи одного оттенка, действие их сказывается благотворно при некоторых случаях лечения язв голени и др. Причины такого благотворного действия выделенных лучей физически мало понятны. Приходится предположить, что, например, синие лучи действуют полезно, а красные вредно, поэтому их и надо удалить.

ОТДЕЛ ВОСЬМОЙ.

МАГНЕТИЗМ.

ГЛАВА XXXVI.

§ 163. Магнитная руда. Уже за несколько сот лет до нашей эры китайцы знали о существовании магнитных руд, притягивающих железо, знали это и древнейшие греческие ученые — Фалес Милетский, Сократ и др. Впервые тщательным изучением магнитных явлений занялся английский врач Вильям Джильберт в конце XVI столетия. Залежи магнитной железной руды — магнитного железняка, представляющего собою так называемую закись-окись железа F_3O_4 , встречаются в различных местах земного шара, у нас в СССР богатейшие залежи имеются на Урале (гора Магнитная, Благодать и др.). Кусок такой руды притягивает к себе железо и вещества, содержащие его (рис. 253), например, чугун, сталь и т. д. Также магнитный железняк притягивает сильно металлы, никель и кобальт, которые по своим химическим и физическим свойствам весьма близки к железу.



Рис. 253.

§ 164. Магнитные полюсы. Работа 31. Возьмем вырезанную из магнитной руды полоску и опустим ее в железные опилки; вынем магнит; мы замечаем, что на концах полоски опилок много, посередине магнита притяжения нет (рис. 254). Эту среднюю часть магнита назовем нейтральной линией. Поместим тонкую магнитную стрелку на острие и дадим ей успокоиться. Стрелка устанавливается приблизительно по меридиану, т. е. одним концом к северу, другим к югу. Будем называть поэтому один конец магнита (обращенный к северу) северным полюсом магнита, а другой — южным и обозначать буквами N (Nord — север), и S (Süd — юг). На этом свойстве магнитной



Рис. 254.

стрелки устраивается компас — прибор, позволяющий по направлению магнитной стрелки определить направление стран света. Он состоит из магнитной стрелки, положенной на острие и помещенной внутри круга, разделенного на градусы (рис. 255).

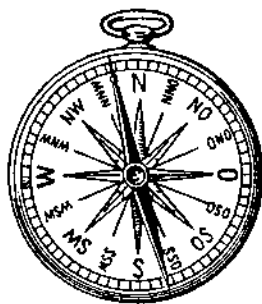


Рис. 255.

§ 165. Магнитное поле. Работа 32. Покроем магнитный брусок листом картона и посыпем на него железные опилки. После легкого встряхивания мы замечаем, что опилки располагаются по определенным направлениям, вырисовывая нам так называемый магнитный спектр (рис. 256).

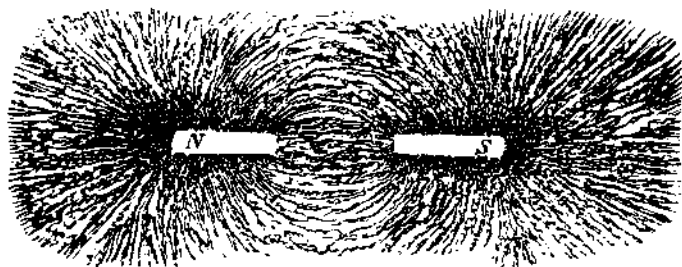


Рис. 256.

Эти линии указывают нам, что вокруг магнита имеется магнитное поле, заполненное магнитными силами. В нашем опыте эти силовые линии тянутся от одного полюса к другому, сливаясь друг с другом в замкнутые кривые линии. Положим теперь под картона два бруска с одноименными полюсами, направленными навстречу, и посыпем опилки (рис. 257). Полученный спектр свидетельствует нам, что оба магнитных потока отталкиваются. В случае разноименных полюсов (рис. 258) потоки сливаются, следовательно притягиваются.

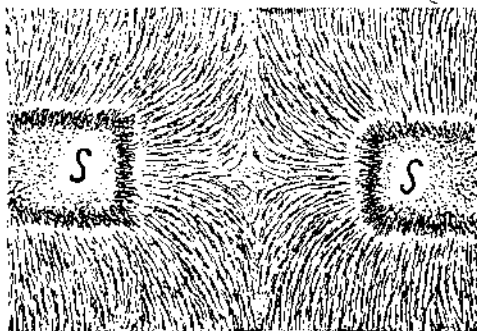


Рис. 257.

§ 166. Взаимодействие магнитных полюсов. Вглядываясь в полученные спектры и сравнивая силовые линии как бы с упругими шнурами, которые стремятся укоротиться в длине

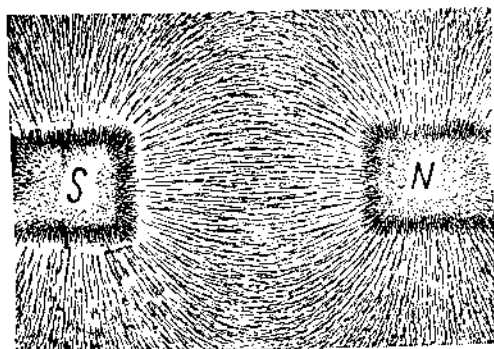


Рис. 258.

и раздвигаться в поперечном направлении, мы приходим к следующему предположению: два одноименных полюса магнита должны отталкиваться, а разноименных притягиваться.

Работа 33. Поднесем к северному магнитному полюсу компасной стрелки южный магнит-

ный полюс — полюса притягиваются (рис. 259,а). При приближении северного — отталкиваются.

§ 167. Искусственные магниты. Гипотеза молекулярного магнетизма. Работа 34. Возьмем стальную спицу и потрем ее двумя магнитными полюсами от середины к краям (рис. 259,б). Поднесем спицу к магнитной стрелке. Замечаем, что тот конец спицы, который мы натирали S-полюсом, приобрел N-полюс,

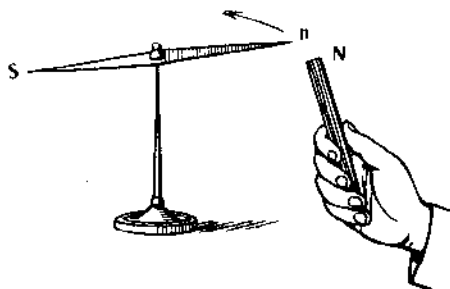


Рис. 259,а.

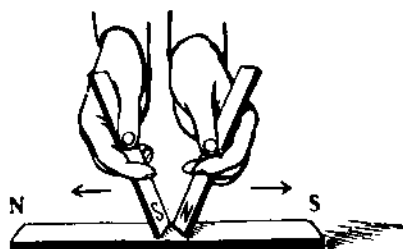


Рис. 259,б.

и наоборот. Для объяснения явления разломаем спицу на мелкие части (рис. 260).

Каждый кусочек спицы представляет собою магнит с двумя разноименными полюсами, что нетрудно проверить на магнитной стрелке. Естественно допустить теперь, что и молекулы магнита тоже весьма маленькие магнитики, обладающие двумя полюсами. Уже Джильтберт производил аналогичные опыты и убедился

в невозможности получить один магнитный полюс. В конце XVIII столетия ирландский ученый Кирван предложил молекулярную гипотезу магнетизма. Молекулы железа, стали, никеля

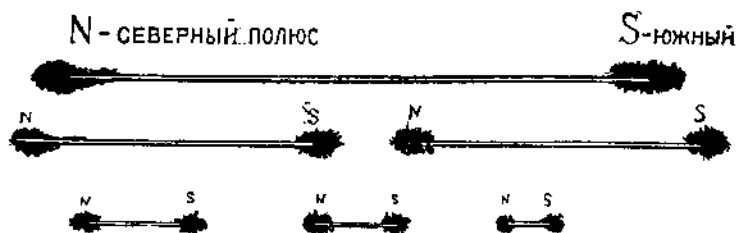


Рис. 260.

и др. тел также представляют собой маленькие магниты, расположенные так, что их северные кончики лежат около соседних южных и взаимно нейтрализуют друг друга (рис. 261).

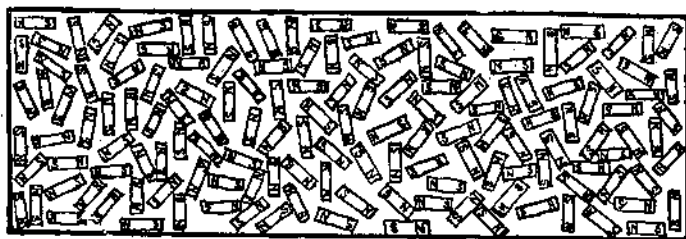


Рис. 261.

Когда мы намагничиваем железо, молекулярные магнитики поворачиваются в одну сторону N-полюсами, а в другую S-полюсами (притягиваясь магнитами) (рис. 262). Есть много явлений,



Рис. 262.

которые подтверждают нам справедливость молекулярной гипотезы магнетизма. Действительно, стоит нагреть намагниченную сицу до красного каления (выше 700°), как спица начинает терять свои магнитные свойства (это нетрудно проверить

завешивая прилипающие к ней опилки). При сильном нагревании молекулы железа приходят в хаотиче:кий беспорядок, и железо размагничивается.

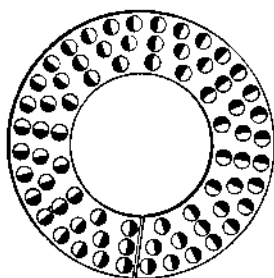


Рис. 263.

Если ударить по магниту или ронять его, то магнитная сила ослабевает, что опять объясняется передвижением магнитиков. Железо или сталь можно намагнитить лишь до насыщения, т. е. того момента, когда все молекулы расположатся в стройном порядке (рис. 262). Нейтральная линия, середина магнита, не притягивает железа, так как на нее действует одинаковое число как N, так

и S-полюсов, равно как магнитная полоска, согнутая в петлю (рис. 263), так как любое ее место действует как середина магнита. Наконец при растягивании стальных стержней или закручивании замечено, что они иногда сами намагничиваются (молекулы получают правильное расположение).

§ 168. Магнитная индукция. Работа 35. Приблизим магнит к химически чистому железу (мягкое железо) и поднесем к последнему железные опилки (рис. 264).

Железо намагнитилось. Унесем магнит — опилки опадают,

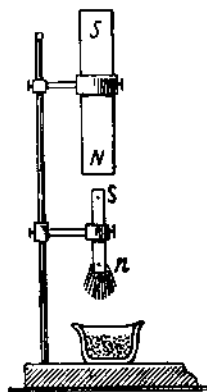


Рис. 264.

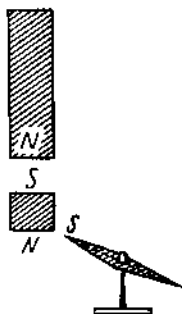


Рис. 265.

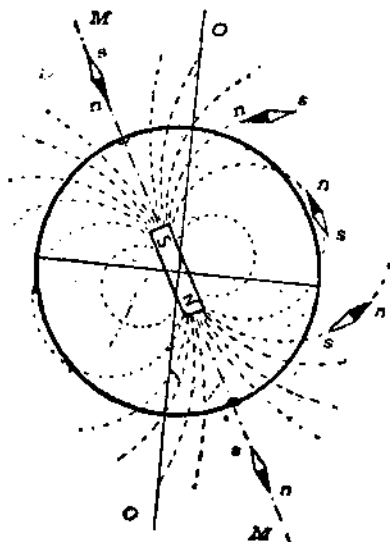


Рис. 266.

железо размагнитилось. Исследуем теперь полюса. Поднесем к железному бруску магнитную стрелку (рис. 265). Опыт покажет нам, что в ближайшей к магниту части обра-

зается полюс разноименный (на рисунке S), а в удаленной—одноименный. Явление это хорошо объяснимо молекулярной магнитной гипотезой и называется магнитной индукцией (магнитным влиянием). Магнит, действующий влиянием, поворачивает молекулярные магнитики в железе, располагая их в стройном порядке. Индукцией можно возбудить магнетизм и в стали, но только мягкое железо обладает весьма ценным свойством как легко намагничиваться от индукции, так и сразу терять эти свойства при удалении влияющего магнита. В дальнейшем нам не раз придется встретиться с применением этого свойства чистого железа в устройстве электромагнитных приборов.

Расположение магнитной стрелки по меридиану объясняется тем, что земной шар представляет собою как бы большой магнит с двумя полюсами, находящимися вблизи географических. Вокруг земли существует магнитное поле, действующее на магнитные стрелки и направляющее их с севера на юг (рис. 266).

ОТДЕЛ ДЕВЯТЫЙ.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА.

УЧЕНИЕ О РАВНОВЕСИИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.

ГЛАВА XXXVII.

§ 169. Электризация тел. Еще за 580 лет до нашей эры греческому философу Фалесу Милетскому было известно, что после трения янтарь приобретает способность притягивать соломинки, пух и др. легкие тела. Явление это было впервые исследовано англичанином Джильбертом в конце XVI века. Произведя ряд наблюдений, Джильберт установил, что кроме янтара стекло, смолы, сера и многие другие вещества, будучи потерты, приобретают те же свойства, что и янтарь. Проявляющуюся при этом явлении силу Джильберт назвал электрической, от греческого слова электрон (янтарь).

§ 170. Два рода электризаций. Для исследования электризации тел устроим электрический маятник (рис. 267).

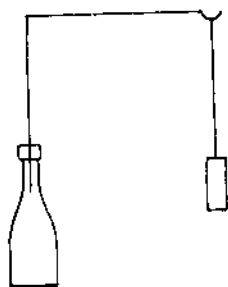


Рис. 267.

Работа 36. Поднесем к бумажной гильзе, висящей на шелковой нитке, стеклянную палочку, потертую об амальгамированную кожу (амальгама, это — раствор металлов в ртути). Будем называть эту электризацию стеклянным электричеством или для краткости — электричеством. Колпачок притягивается к палочке, а затем отскакивает (рис. 268).

Мы замечаем, что: 1) от соприкосновения гильза зарядилась электричеством; 2) два тела, заряженные одинаковым электричеством, отталкиваются.

Наэлектризуем теперь первый колпачок стеклянным электричеством, а другой смоляным (отрицательным). Для (этого) потрем смоляную палочку о шерсть (рис. 269 и 270).

Теперь при лизим друг к другу оба маятника, мы замечаем, что колпачки соединяются (рис. 270).

Отсюда заключаем, что два тела, наэлектризованные различными электричествами, притягиваются. Электризуя трением серу, янтарь, парафин, горный хрусталь,

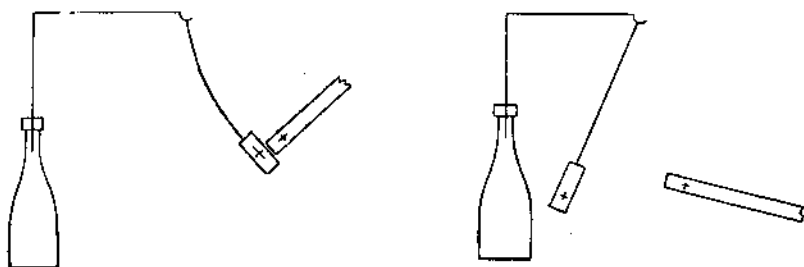


Рис. 268.

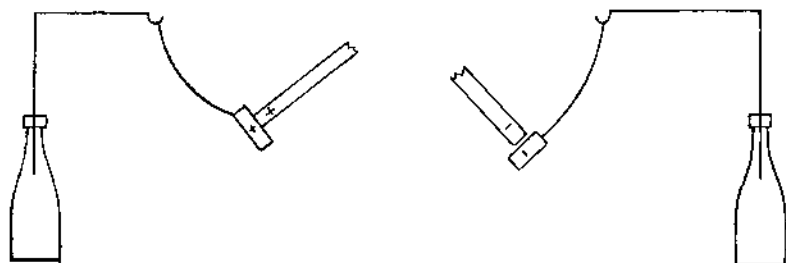


Рис. 269.

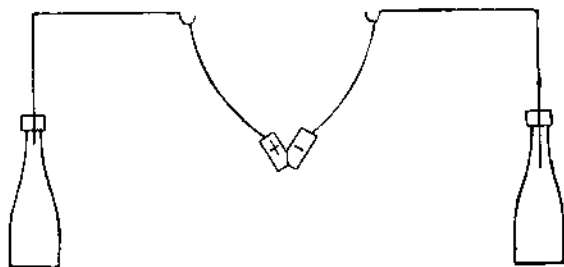


Рис. 270.

сургуч, мы убедимся, что они приобретают или такую же электризацию, как стекло (о кожу), или как смола (о шерсть). Третьего рода электричества в природе не существует.

§ 171. Проводники и изоляторы. Попробуем наэлектризовать трением гвоздь или деревянную палочку. Опыт покажет

нам, что они в руках не электризуются. Объясним явление. Возьмем прибор, называемый электроскопом (рис. 271).

Работа 37. Зарядим электроскоп электричеством. Листочки его остаются отклоненными, так как зарядились одноименным электричеством (рис. 272). Теперь возьмем второй такой же электроскоп и соединим их друг с другом одним из следующих веществ: 1) стеклом, сургучом, шелком, эбонитом. Листочки второго электроскопа остаются в покое, электричество не передается (рис. 273).

Отсюда заключаем, что перечисленные вещества — не проводники электричества (изоляторы).

2) Соединим электроскопы сухой веревкой или ниткой, деревом. Мы замечаем теперь, что листочки первого электроскопа



Рис. 271.

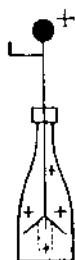


Рис. 272.

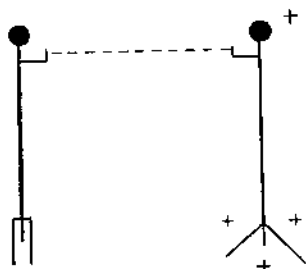


Рис. 273.

понежну опускаются, а второго поднимаются. Такие вещества называют полупроводниками электричества.

3) Соединим наконец приборы металлической проволокой, углем, влажной веревкой или смоченной стеклянной палочкой; электричество мгновенно распределяется на обоих электроскопах. Тронем теперь один из приборов рукой — листочки сразу опадают. Итак, металлы, уголь, тело человека, земля и пр. являются хорошими проводниками электричества. Теперь нетрудно объяснить, почему гвоздь или деревянная палочка не электризовались в руках. Образовавшееся при трении электричество утекало через наше тело в землю. Чтобы наэлектризовать трением металлы, надо прежде всего их изолировать, т. е. прикрепить к изолятору, а затем уже натирать. Опыты показывают, что все вещества при трении электризуются и обе трущиеся поверхности приобретают противоположные электризации. Так, стекло о кожу электризуется + электричеством, а кожа — электричеством.

§ 172. Плотность электричества. Работа 38. Зарядим изолированный от земли металлический шар (кондуктор) $+$ электричеством и коснемся его пробным шариком a (рис. 274). Перенесем его заряд на электроскоп (рис. 275). Пусть листочек электроскопа отклонится на угол α . Разрядим электроскоп и шарик a и снова коснемся другой точки на поверхности шара.

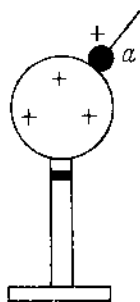


Рис. 274.



Рис. 275.

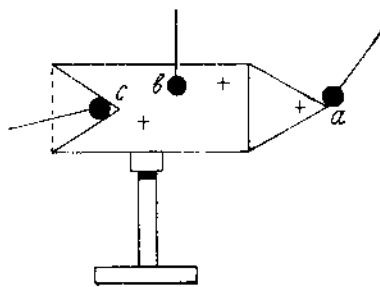


Рис. 276.

Перенесем заряд на электроскоп и убедимся, что листочек его снова отклоняется на тот же угол α . Заключаем, что электрическая плотность (количество зарядов на единице поверхности) у шара везде одинакова. Теперь зарядим конический кондуктор электричеством и будем тем же способом исследовать его электрическую плотность (рис. 276).

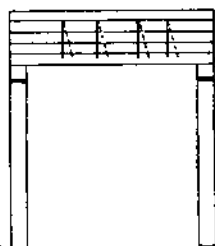


Рис. 277.

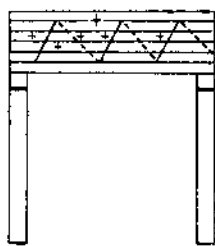


Рис. 278.

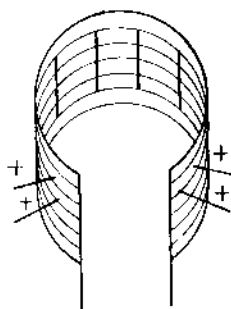


Рис. 279.

Опыт показывает, что больше всего скопилось электричества на остриях, во внутренней полости проводника зарядов нет. Возьмем теперь такую называемую сетку Кольбе (рис. 277) и наэлектризуем ее (рис. 278).

Бумажные листочки, прикрепленные с обеих сторон ее поверхности, приподнимаются. Согнем сетку в петлю (рис. 279).

Мы замечаем, что электрические заряды сосредоточились все

на наружной поверхности, внутри сетки зарядов нет. Вывернем сетку наизнанку, все заряды снова перетекают на наружную поверхность. Делаем вывод: электрические заряды распределяются лишь на наружной поверхности проводника, внутри зарядов нет.

§ 173. Потенциал. Работа 39. Возьмем электроскоп и зарядим его электричеством. Пусть угол отклонения его листочков будет α (рис. 280).

Коснемся его вторично наэлектризованной палочкой. Угол отклонения увеличился $= \beta$, увеличилась и степень его электризации — потенциал. Точными опытами установлено, что потенциал тела прямо пропорционален его заряду.

Исследуем теперь потенциал различных точек конического кондуктора (рис. 281). Для этого соединим пробный шарик

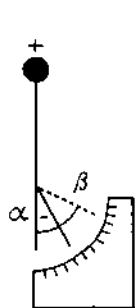


Рис. 280.

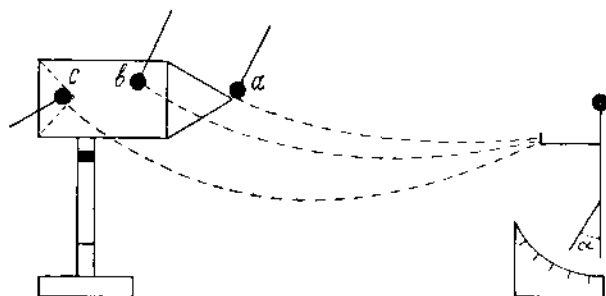


Рис. 281.

проводкой с электроскопом и будем водить шариком по различным его точкам. Где бы мы ни касались кондуктора (в точках a, b, c), электроскоп все время показывает один и тот же угол отклонения α . Отсюда вывод: потенциал заряженного проводника во всех его точках одинаков. Пока электроскоп не был заряжен, его потенциал был равен 0, когда мы соединили его с кондуктором, электричество перешло на него, но как раз до выравнивания потенциалов. Следовательно, электричество переходит всегда от тела с большим потенциалом к телу с меньшим, до сравнения их потенциалов.

Проведем аналогию между явлениями электрическими, с одной стороны, и тепловыми и гидравлическими — с другой. Потенциал можно сравнить с температурой тела (степенью нагретости) и с высотой уровня жидкости в сосуде, а количество электри-

чества (заряды) с количеством теплоты в теле и количеством жидкости в сосуде. Мы знаем, что теплота всегда переходит от более нагретого тела к более холодному, жидкость перетекает от более высокого уровня к более низкому (рис. 282) до выравнивания уровней, а электричество от большего потенциала к меньшему до выравнивания их потенциалов. Как движение жидкости не зависит от количества ее в том и другом сосуде, так и движение зарядов не зависит от их количества на проводниках (рис. 283).

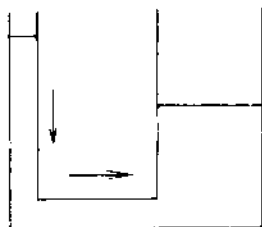


Рис. 282.

§ 174. Рассеяние электричества. Нами уже установлено, что потенциал изолированного проводника возрастает по мере увеличения его зарядов. Мы можем, однако,

МНОГО ЗАРЯДОВ

МАЛО ЗАРЯДОВ

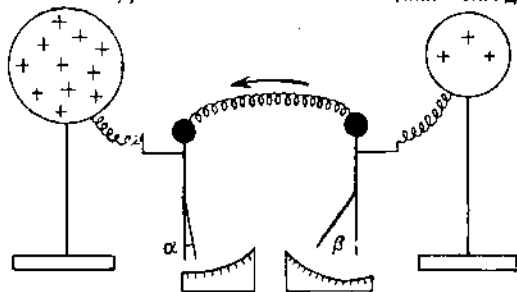
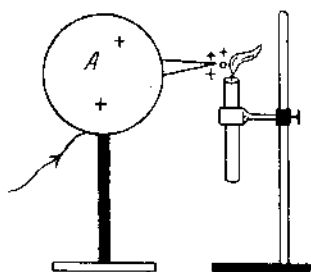
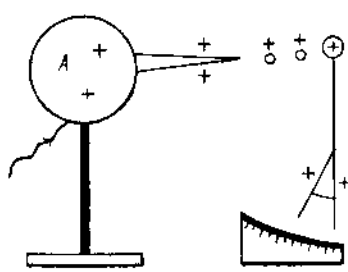


Рис. 283.

зарядить данный проводник лишь до определенного потенциала, после чего начинается рассеяние зарядов. Явление рассеяния электричества резко проявляется у проводников с острыми концами. Будем непрерывно электризовать

проводник *A*, снабженный острием, поставив около него горящую свечу (рис. 284, *a*). Воздушные частицы, соприкасаясь с острием,

Рис. 284, *a*.Рис. 284, *б*.

электризуются и отталкиваются, унося с собой заряды проводника. У острия образуется электрический ветер, ощутимый

рукой и отдувающий пламя свечи. Электроскоп, поставленный вблизи острия, заряжается через воздух, так как на нем оседают наэлектризованные частицы воздуха, отдавая ему свои заряды (рис. 284,б). Явление рассеяния электричества происходит тем интенсивнее, чем выше, при прочих равных условиях, потенциал проводника. На данном проводнике можно накопить лишь определенное количество электрических зарядов.

ГЛАВА XXXVIII.

§ 175. Электростатическая индукция. Возбуждение электричества путем трения не есть единственный способ. Мы скоро познакомимся с другими методами его добывания.

Работа 40. Возьмем электроскоп и поднесем к нему наэлектризованную палочку (рис. 285). Листочки электроскопа раздвигаются. Унесем палочку — листочки опадают.

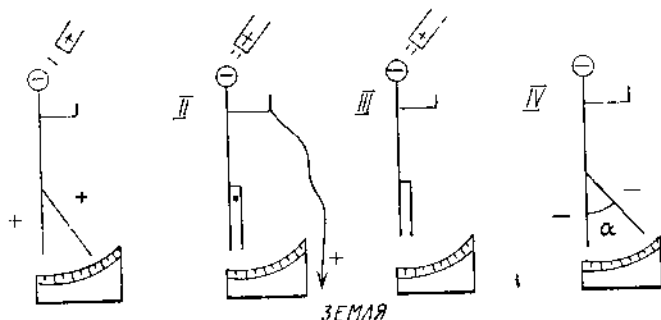


Рис. 285.

Наэлектризованное тело возбуждает — индуцирует — на другом проводнике электрические заряды. Покажем теперь, что на ближайшей половине проводника возникают разноименные заряды (у нас —), а на отдаленной половине (внизу) одинаковые (на рис. +). Для этого поступаем так: подносим наэлектризованное тело, соединяем электроскоп с землей (рис. 285, II), разъединяем (рис. 285, III) и наконец уносим наэлектризованное тело (рис. 285, IV). Электроскоп зарядился. Теперь покажем, что его заряд отрицательный. Приближаем опять нашу наэлектризованную палочку и рассуждаем попрежнему, на шарике по индукции снова должны возникнуть — заряды, а на листочках +. Следовательно, листочек опустится (рис. 286). Опыт подтверждается. Итак, путем наведения, индукции, можно не

только возбудить электричество, но даже и зарядить им проводник. Нетрудно доказать на опыте, что по индукции на проводнике всегда возникает столько же $+$ зарядов, сколько и $-$ (см. опыт на рис. 285, I). Получение электричества путем индукции играет существенную роль в устройстве электрических машин, о которых будем говорить в дальнейшем.

§ 176. Электроемкость. Возьмем два изолированных шара A и B (рис. 287) разных размеров, зарядим их поровну. Для этого наэлектризуем один пробный шарик a и коснемся его другим b одинаковой величины. Перенесем их заряды на кондукторы A и B . Мы заметим, что потенциал шара B больше, чем у шара A (угол $\beta >$ угла α). Электрическая емкость (электроемкость) шара A больше, чем у B . Отсюда заключаем, что потенциал проводника зависит не только от величины заряда, но и от его размеров. Чем больше поверхность проводника (его емкость), тем меньше при прочих равных условиях его потенциал. Иллюстрируем это явление опытом: наэлектризуем изолированный бумажный фонарик и соединим его с электроскопом (рис. 288, а). Пусть листочек электроскопа показывает угол отклонения α . Начнем растягивать фонарик

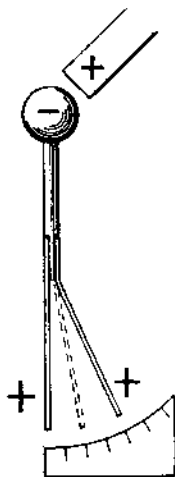


Рис. 286.

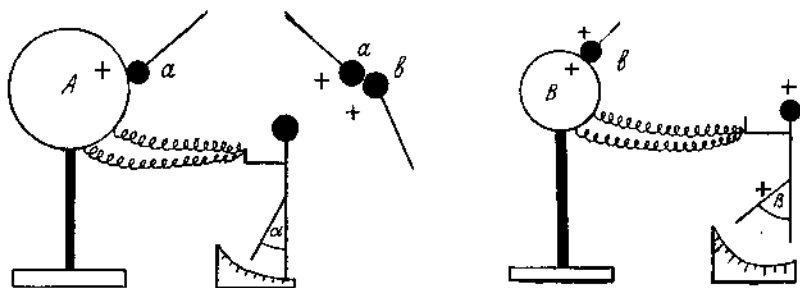


Рис. 287.

за изолированную ручку. Поверхность фонарика увеличивается, потенциал уменьшается, так как угол отклонения уменьшается $= \beta$ (рис. 288, б). Сложим опять фонарик, потенциал снова увеличивается, и т. д.

Поднесем теперь к заряженному диску A другой, соединенный с землей, — B (рис. 289).

Замечаем, что листочки электроскопа, соединенного с диском A , опадают, потенциал его уменьшается, следовательно емкость увеличивается. Итак, электроемкость проводника зави-

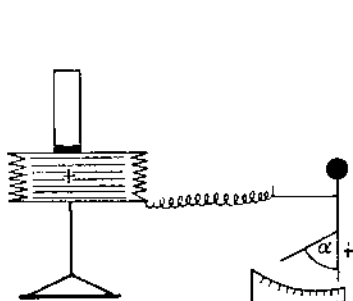


Рис. 288, а.

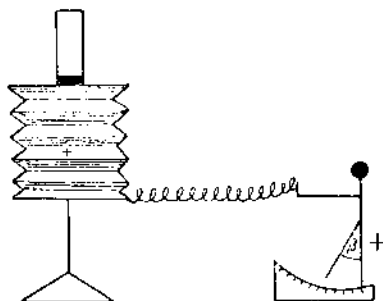


Рис. 288, б.

сит еще от присутствия проводников, соединенных с землей. Объясним явление: по индукции на диске B образуются снизу — заряды, сверху + заряды. Положительное электричество отводится в землю, отрицательное притягивает к себе часть + зарядов пластины A и связывает их, отчего потенциал A уменьшается. Изображенный на рисунке 289 прибор называют плоским конденсатором (condenso — сгущаю). Этот прибор дает возможность наэлектризовать диск A до большого потенциала, следовательно, накопить много электричества.

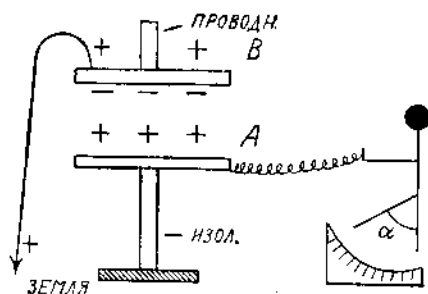


Рис. 289.



Рис. 290.

§ 177. Конденсаторы. В предыдущей главе мы познакомились уже с так называемым плоским конденсатором. Рассмотрим теперь другой, называемый лейденской банкой (устроена впервые в городе Лейдене, в Голландии). Этот конден-

сатор электричества состоит из стеклянной банки, оклеенной до двух третей листами олова (рис. 290). Внутренняя обкладка соединена проводником с металлическим шариком.

Работа 41. Соединим шарик банки с электрической машиной и будем держать банку за ее наружную обкладку, чтобы отвести + заряды индукции в землю. На банке скопляется много электричества (как и на плоском конденсаторе). Поднесем к обкладкам разрядник (2 металлических шара, соединенные металлической дугой на изолированной ручке)

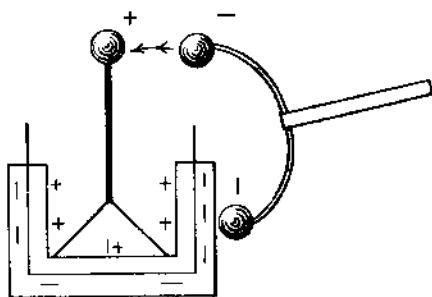


Рис. 291.

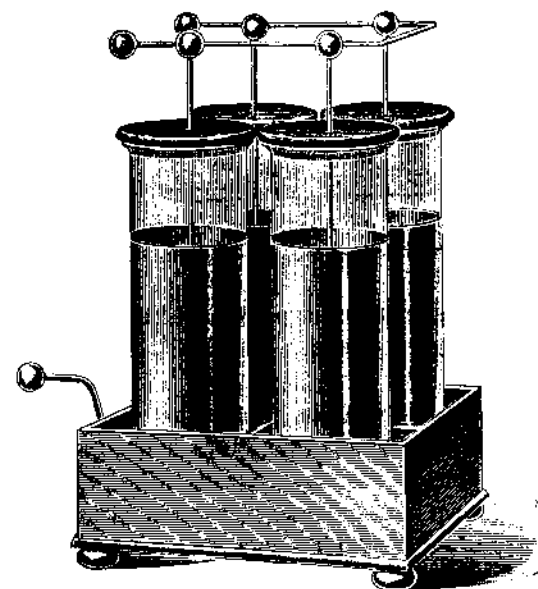


Рис. 292.

составляют батареи из нескольких банок, соединяя между собой как внешние, так и внутренние обкладки (рис. 292).

Зарядим немного банку электричеством и соединим несколько человек за руки в цепь. Пусть первый коснется наружной

воположные электричества соединяются через воздух, пробивая его со значительным треском. В лейденской банке между обкладками имеется промежуток, заполненный стеклом, в плоском конденсаторе — воздушный. Опыт показывает, что такая замена способствует увеличению емкости конденсатора. Достаточно указать, что банка с обкладками высотой в 30 см имеет такую же емкость, как шар радиусом в 20 м.

Чтобы получить еще большую емкость, со-

обкладки, а последний шарика; разряд проходит через всю цепь. Его физиологическое действие выражается в сокращении мышц (сильный и неприятный толчок). Сильные разряды представляют серьезную опасность для жизни (удар молнии).

§ 178. **Электростатические машины.** Существуют много типов электростатических машин. Рассмотрим устройство одной из них, называемой электрофорной машиной Гольтца-Теплера, применяемой в медицине при электротерапии (рис. 293 и 294).

Машина состоит из двух стеклянных дисков; передний вращается, как указано на схеме, на нем имеется 6 металлических блях. Перед первой и четвертой бляхой находятся острия метал-

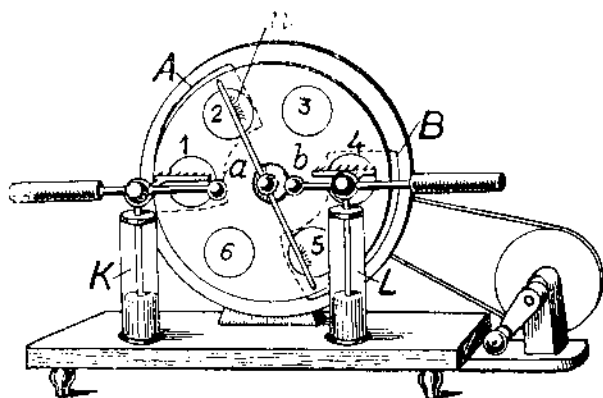


Рис. 293.

лических гребенок, которые соединены с разрядными шариками *a* и *b*. Для увеличения их емкости шарiki соединены с лейденскими банками *K* и *L*.

На заднем диске наклеены бумажные обкладки *A* и *B*, изогнутые в виде дугообразных полос; диск этот неподвижен. Пусть обкладка *A* наэлектризована $+$ электричеством. На 1-й бляхе, по индукции, в ближайшей части возникают $-$ заряды, а в удаленной $+$ заряды. На остриях гребенки — заряды, а на шарике *a* $+$ заряды. С острия заряды стекают на бляху и нейтрализуют ее $+$ электричество. Когда бляха перейдет в положение 2-е, остатки ее $+$ зарядов снимутся кисточкой диагонального кондуктора *m* и уйдут в землю (кондуктор соединен с землей). Что касается $-$ зарядов бляхи 2-й, то пока они вблизи от $+$ зарядов обкладки *A*, то они еще ими связаны и уйти в землю не могут. Бляха переходит в положение 3-е. Освободившиеся от влияния

— заряды переносятся металлической дугой b_1 на обкладку B и заряжают ее отрицательным электричеством. Когда блиха занимает положение 4-е, на ней по индукции снова возникают $+$ и — заряды, на острых гребенки $+$, на разрядном шарике b —. Положительные заряды гребенки, стекая на блиху, уничтожают большинство ее — зарядов. Остатки — электричества уносятся диагональным кондуктором в землю, а положительное электричество вместе с блихой переходит в положение 6-е. Освободившись от влияния отрицательных зарядов обкладки B , $+$ электричество перетекает на обкладку A по дуге b_2 и увеличивает ее первоначальный заряд.

При дальнейшем вращении машины весь цикл повторяется снова, $+$ электричество отгоняется все время на шарик a , а — электричество на шарик b . Заряды обкладок A и B все время увеличиваются, благодаря чему образуется громадная разность потенциалов на разрядных шариках, выража-

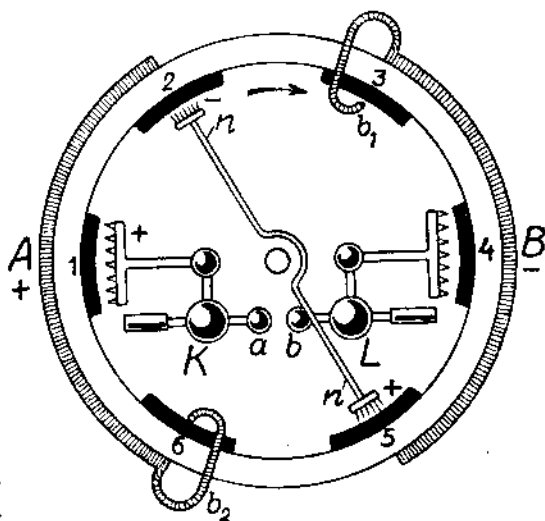


Рис. 294.

ющаяся в форме искры. Заметим еще, что для начала работы машины не требуется даже первоначальной электризации одной из обкладок. Действительно машина сама возбуждает первоначальный заряд, который возникает от трения кисточек металлических дуг b_1 и b_2 о вращающийся диск машины.

§ 179. Разряд. Раздвинем немного разрядные шарик a и b электрофорной машины, выключив лейденские банки, и начнем вращать ее колесо. Между шариками проскакивает с легким треском прямая искра (разрывной разряд). Начнем раздвигать шарик. Искра из прямолинейной становится разветвленной (рис. 295); она избирает себе путь наименьшего сопротивления. Если раздвинуть шарик еще дальше, искра перестает проскакивать, зато появляются кисти фиолетового цвета (хорошо видимые в темноте), стекающие со всех заостренных частей машины. Мы получаем так называемый тихий раз-

ряд. При явлении разряда электрическая энергия превращается в другие виды энергии. Действительно, искра дает сильный свет, мы получаем энергию световую, затем слышим треск — следовательно, имеем дело с энергией звуковой, наконец в воздухе слышен характерный запах свежести — образовался озон, другими словами электрическая энергия трансформировалась в химическую (озон — еще более сильный окислитель, чем кислород). Легко показать, что искра может производить тепловое действие и механическое разрушение. Поднесем к разрядному шарiku машины металлический прутик, на конце которого вата, смоченная эфиром; вата от искры воспламеняется. Поместим между полюсами машины кусок картона, тонкого стекла, мы заметим, что искра пробивает их.

Искровой разряд происходит часто в природе при явлениях грозы. В середине XVIII столетия американский физик Франк-



Рис. 295.

лин занялся изучением атмосферного электричества. Он запускал во время грозы шелковый воздушный змей. К змею было прикреплено металлическое острие, а к последнему была привязана шелковая веревка, служившая изолированной рукояткой. Когда бечевка намочала от дождя, змей заряжался по индукции, и из ключа можно было извлекать искры. Эти опыты не оставляли сомнения в том, что грозовые тучи наэлектризованы и что молния есть лишь грандиозная искра, достигающая иногда длины более километра. Франклин первый устроил громоотвод (рис. 296), т. е. прибор, предохраняющий от удара молнии, помещая на здании заостренный железный шест, соединенный металлическим проводником с влажной почвой.

Грозовое облако заряжено большею частью — электричеством и своим влиянием возбуждает на земле + электричество. Отрицательное электричество индукции утекает в землю, а положительное с острия громоотвода течет к облаку, ослабляя его дей-

ствие. При большом напряжении получается молния, которая отводится шестом в землю. Опыты Фрэнклина возбудили всеобщий интерес, и многие его современники стали наблюдать за атмосферным электричеством с помощью электрического шеста.

В 1753 г. петербургский профессор Рихман был убит электрической искрой, которую он извлекал из шеста при прохождении над его домом грозового облака. Судьба Рихмана не испугала других наблюдателей, и электрический шест вызывал энтузиазм и общее восхищение открытиями Фрэнклина.

§ 180. Применение электрофорных машин в медицине. Статическое электричество, добываемое при помощи электрофорных машин, имеет применение в электротерапии. В широком смысле слова электротерапия есть всякое применение электричества с лечебной целью. Терапевтическое применение статического электричества было названо франклинизацией. Уже с половины XVIII века медицина стала пользоваться электричеством при лечении параличей. В настоящее время пользуются статическим электричеством в форме так называемой франклиновой электрической ванны, франклинова душа, электрических рядов и т. д. при так называемых функциональных нервных расстройствах: истерии, неврастении, невралгии и пр. Рассмотрим пользование больных франклиновой ванной. Больной помещается на изолированную скамью и заряжается обычно положительным электричеством, отрицательный полюс машины отводится в землю. Субъект, находящийся в электрической ванне, во избежание внезапных разрядов не должен прикасаться к проводящим предметам и испытывает иногда ощущение легкого ветра.

Лечение франклиновым головным душем применяется чаще. Больной усаживается на стул, соединенный с положительным электродом; отрицательный электрод соединяется с подвижной головной пластиной, установленной над головой больного. Волосы больного становятся дыбом (как листочки электроскопа), и

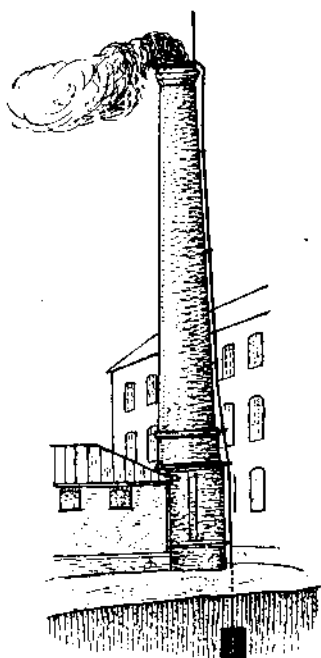


Рис. 296.

он испытывает ощущение теплого, струистого душа. Терапевтическое действие такого душа сказывается в успокоительном действии. Применяется еще и метод лечения пучкообразными разрядами. В этом случае положительный полюс машины соединяют с крючком металлического стержня, снабженного одним

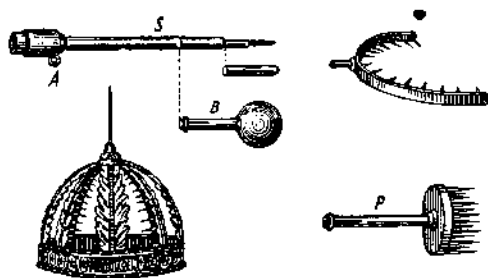


Рис. 297.

или несколькими остроконечиями (рис. 297), и приближают к телу больного на расстоянии 2 см. При разряде возникает бурлящий шум, из остроконечий выступает фиолетовый свет (электричество рассеивается). Больной ощущает приятный прохладный ветерок.

Наковец применяют при лечении электричеством и искровые разряды. Положительный полюс машины соединяют с наконечником, дающим искры. На расстоянии 10—30 см искры проскакивают на больного.

ОТДЕЛ ДЕСЯТЫЙ.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА.

ГЛАВА XXXIX.

§ 181. Электричество у животных. В предыдущей главе мы познакомились с электрическим разрядом и его физиологическим действием на живые организмы и знаем, что разряд сопровождается всегда ударом, который производит судорожные сокращения в мускулах. В середине XVIII столетия электричеством стала пользоваться медицина, и в то же время положено начало изучению электрических явлений у животных. С древнейших времен был известен электрический скат, живущий в Средиземном море. Удары, наносимые этой рыбой, представляют электрические разряды. Биологическое значение электрических органов, которыми обладает скат, электрический с.м., угорь, двояко. С одной стороны, они являются превосходными органами защиты, с другой — служат для оглушения добычи. На спинке электрического сома имеется 5 ярких глазчатых пятен, которые он тщательно прикрывает песком или мелкими камешками. Благодаря этому хищник становится незаметным для добычи. Если к нему подплывает небольшая рыба, скат касается ее как спинкой, так и брюшком, и наносит своей жертве сильный электрический удар. Электричество играет здесь такую же роль, какую имеют зубы у ядовитых змей или жало у многих насекомых. Древние обитатели берегов Средиземного моря купали детей в воде, в которой жили электрические скаты. Их историки много повествуют о лечебном действии этой рыбы. Исследование электричества рыб и применение электричества в медицине побудило многих ученых к ревностному изучению электрических явлений и в других живых существах.

§ 182. Работы Гальвани и Вольта. В 1789 г. Луиджи Гальвани, профессор анатомии в Болонье, заметил, что свежепрепарированная лапка лягушки, лежащая вблизи электрической машины, вздрагивала каждый раз, когда из кондуктора извлекали искры. Желая воспользоваться этим явлением для исследо-

вания разрядов атмосферного электричества, Гальвани повесил лягушку медным крючком к железному балкону. Раскачиваемая ветром, лапка касалась балкона и каждый раз сокращалась (рис. 298). Не обращая внимания на то, что разряд был интенсивнее при наличии двух разнородных металлов, соединяющих нервы спинки с мускулами лапки, Гальвани объяснял это явление присутствием в лягушке животного электричества. Современник Гальвани, профессор физики Вольты, повторил эти опыты и увидел в них доказательство развития электричества от соприкосновения двух разнородных металлов, считая, что лапка лягушки служит лишь чувствительным электроскопом.

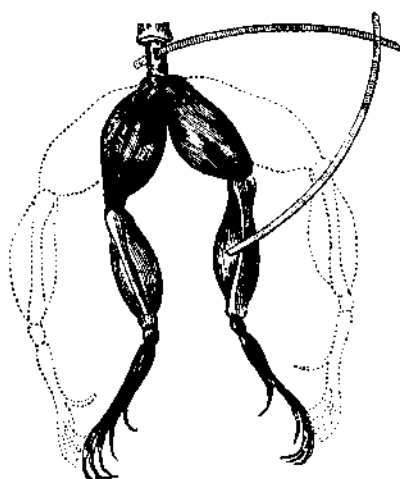


Рис. 298.

Помещая друг на друга две различных металлических пластинки, например медную на цинковую, Вольты заметил, что обе они электризуются.

На месте соприкосновения развивается некоторая разность потенциалов, которая зависит от природы металлов и их температуры, но совсем не зависит от их размеров, формы и пр.

И Гальвани и Вольты старались доказать справедливость своих взглядов. Дальнейшие опыты обнаружили справедливость мнений обоих ученых.

Гальвани показал, что сокращение лапки лягушки можно заметить и без участия металлов, а Вольты — что электризация возникает при непосредственном соприкосновении двух разнородных металлов. Продолжая свои исследования дальше, Вольты нашел новый способ добывания электричества химическим путем. Этот способ получения электрического тока называют теперь гальваническим по почину самого Вольты.

§ 183. Гальванический элемент Вольты. Налейте в стаканчик раствора серной кислоты и погрузите в него медную и цинковую пластинки. Будем называть концы наших пластин полюсами. Медный полюс электризуется при этом положительно, а цинковый отрицательно. Положительный полюс называют иначе анодом, отрицательный — катодом. Соединим анод с катодом проволокой (рис. 299), т. е. замкнем нашу цепь. Благодаря

существованию разности потенциалов (электродвижущей силе) по нашей цепи начнут перемещаться электрические заряды. Эту непрерывную циркуляцию электрических зарядов назовем электрическим током. За направление электрического тока мы будем принимать то направление, по которому движутся положительные заряды. Во внешней цепи (т. е. в проводниках, которыми соединены полюсы элемента) ток идет от анода к катоду, от меди к цинку, во внутренней цепи (вещества самого элемента)—от цинка к меди.

Мы не имеем возможности непосредственно наблюдать, как движутся заряды в цепи, но косвенно, по различным явлениям, сопровождающим ток, мы можем легко обнаружить его присутствие.

Работа 41. Соединим несколько элементов в цепь и замкнем ее полюсы тоненькой проволокой *ab* (рис. 300); последняя нагревается, раскаливается и даже расплавляется. Пропустим электрический ток через подкисленную воду, введя в цепь прибор, изображенный на рис. 301. Прибор этот состоит из трех сообщающихся сосудов, в которые налита подкисленная вода. В боковых

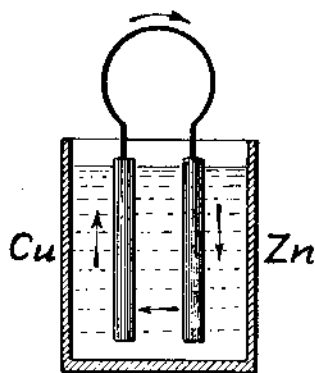


Рис. 299.

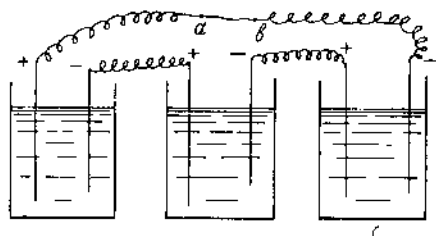


Рис. 300.

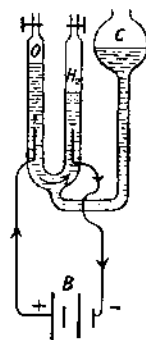


Рис. 301.

трубках имеются краны, и в каждую из них впаены платиновые пластинки — электроды. Наполним трубки водой до кранов и закроем их. Как только цепь замыкается, на поверхности электродов образуются пузырьки газов, которые, поднимаясь вверх, выталкивают воду из боковых трубок в среднюю (с). Под кранами скопляются продукты разложения воды — кислород и водород.

Включим в цепь электрический звонок (рис. 302). Молоточек *K* ударяет по колокольчику *C* — звонок работает. Итак ряд опытов убеждает нас в том, что энергия электрического тока может вызывать в проводнике теплоту, может заставлять работать звонок, разлагать химические вещества. Но всякому возникновению энергии, всякой работе, должна соответствовать убыль энергии другого вида. За счет каких же трат появлялось тепло, увеличивался запас химической энергии и совершалась механическая работа, полученные нами во внешней цепи? Рассмотрим наш элемент (батарейку). Цинк несколько утончился и разъеден кислотой. Если бы мы добывали ток большой промежуток времени, то в конце концов от цинка не осталось бы и следов. Очевидно, что все виды полученной нами энергии и работа, совершенная током, произошли за счет убыли химической энергии внутри элемента. Электрический ток может вникать лишь в том случае, когда в числе соприкасающихся тел цепи находятся такие, которые действуют друг на друга химически.

Рис. 302.

§ 184. Поляризации элемента Вольты.

Рассмотренный нами элемент Вольты страдал одним существенным недостатком: он может давать ток лишь недолгое время, так как по мере работы его электродвижущая сила постепенно убывает. Объясним явление. Химическое взаимодействие между *Zn* и серной кислотой выражается следующим уравнением: $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$. Выделяющийся по реакции водород скапливается около медного электрода, окружая его постепенно непроводящим слоем. Ток ослабевает, и элемент, как говорят, поляризуется (рис. 303). Поэтому на практике пользуются обычно другими элементами, в которых поляризация устранена.

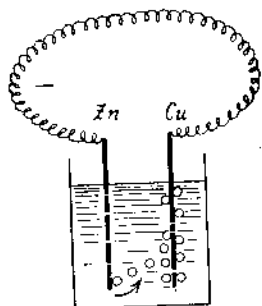


Рис. 303.

§ 185. Постоянные элементы. Чтобы получить неполяризующийся, постоянный элемент, надо устранить выделение водорода на аноде элемента. Обычно пользуются химической депполяризацией, т. е. употребляют те или иные окислители, которые уничтожают свободный водород.

Рассмотрим элемент Грэнэ (рис. 304). Он состоит из сосуда *A*, закрытого збонитов й пробкой, в который помещают две угольные пластинки, соединенные с зажимом *c*, и цинковую пластинку, укрепленную на стержне *d*, который может двигаться в муфте *n*. В сосуд наливают раствор серной кислоты и двуххромовокислого калия. Анодом служит уголь, а катодом — цинк. Когда не требуется пользование элементом, то цинк поднимают в муфте, и он предохраняется от ненужного расходования. Элемент этот не поляризуется, так как двуххромовокислый калий целиком окисляет водород в воду и кроме того разность потенциалов на полюсах этого элемента почти вдвое больше, чем на элементе Вольты. Этим элементом широко пользуются для практических целей, напр. в медицине.



Рис. 304.

Часто пользуются еще элементами с двумя жидкостями, как, например, элемент Даниэля (рис. 305 — 306). Здесь *Zn* погружают в раствор серной кислоты, налитой в пористый глиняный сосуд. Последний помещают в стакан с раствором медного купороса, куда погружают медную пластину. Назначение пористого сосуда — препятствовать смешению жидкостей и иметь возможность менять каждую из них в отдельности. Медь заряжается положительно, а цинк — отрицательно. Выделяющийся при реакции водород через

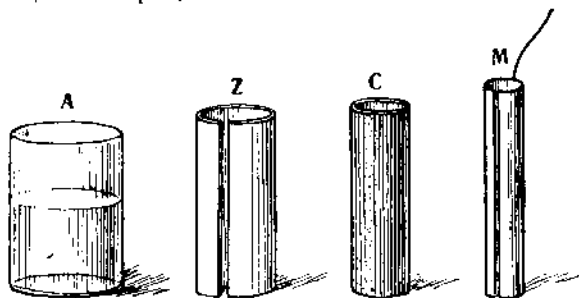


Рис. 305.

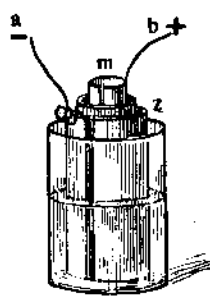


Рис. 306.

поры сосуда вступает в соединение с медным купоросом по следующей реакции: $\text{H}_2 + \text{CuSO}_4 = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}$. Таким образом элемент Даниэля не поляризуется.

§ 186. Единица для измерения электродвижущей силы. Для измерения электродвижущей силы или разности потенциалов установлена единица, которая в честь Вольты названа вольт-

том. Один вольт практически представляет собою величину, очень близкую к разности потенциалов на элементе Даниэля.

Будем обозначать электродвижущую силу буквой E или e . Заметим теперь, что электродвижущие силы различных употребительных элементов обычно весьма малы и выражаются числами в 1-2 вольта. Так, электродвижущая сила элемента Гренэ весьма близка к двум вольтам. В главе электростатики мы имели дело с весьма сильными электризациями электрофорных машин, их разности потенциалов выражаются громадными числами и бывают равны десяткам и сотням тысяч вольт. Вот почему при разряде машин или конденсаторов (лейденских банок) мы были свидетелями мощных искр (молний в миниатюре), тогда как при соединении проволочек, идущих от анода элемента к его катоду, мы можем заметить ничтожную искорку и то в темноте.

Не перечисляя многих других элементов, остановим наше внимание еще на так называемых сухих элементах. На самом деле эти элементы сухи только снаружи, внутри же они содержат растворы солей, пропитывающие какие-нибудь пористые массы, например, древесные опилки. Элементы эти очень удобны благодаря своей портативности и представляют ящичек, герметически закупоренный со всех сторон. Анодом обычно служит уголь, окруженный внутри перекисью марганца (деполяризатор), катодом является цинк. Все пространство вокруг электродов заполняется опилками, пропитанными, например, раствором нашатыря. Электродвижущая сила этого элемента — около 1,5 вольта.

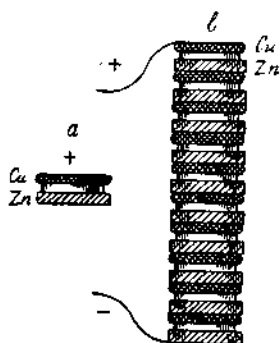


Рис. 307.

§ 187. Соединение элементов в батареи. Для получения большей электродвижущей силы или более сильного тока приходится часто соединять между собой несколько элементов в батареи. Еще сам Вольта устраивал батареи из ряда спаянных между собой кружков Cu и Zn , накладывая их друг на друга в один общий столб (рис. 307) и разделяя их между собой сухонными кружками, смоченными в кислоте. В настоящее время

устривают батареи из неполяризующихся гальванических элементов. Существует два основных способа соединения: параллельное и последовательное.

При параллельном соединении положительные полюсы всех

элементов соединяют между собой в один общий полюс, равно как и все отрицательные. На рисунке 308 схематически изображены 3 элемента Гренэ, соединенные параллельно.

Работа 42. Измерим разность потенциалов на одном элементе, пусть $e = 2$ вольтам. Соединим элементы в цепь, как указано на схеме, и снова измерим разность потенциалов батареи E . Опыт показывает нам, что $E = 2$ вольтам. Этот результат можно было предвидеть и заранее. Действительно, до соединения все аноды элементов имели один и тот же потенциал, ясно, что после со

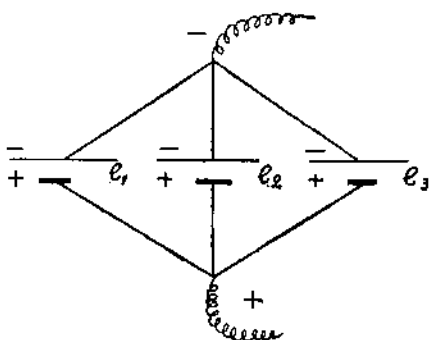


Рис. 308.

единения они все должны остаться при том же потенциале. То же относится и к катодам. Соединенные в батарею элементы представляют собою как бы один элемент, но с большим размером, а от размеров пластин элемента, мы знаем, не зависит его электродвижущая сила.

В электротерапии при гальванизации больных пользуются иногда током от батареи маленьких элементов, соединенных последовательно, так как приходится действовать на живой

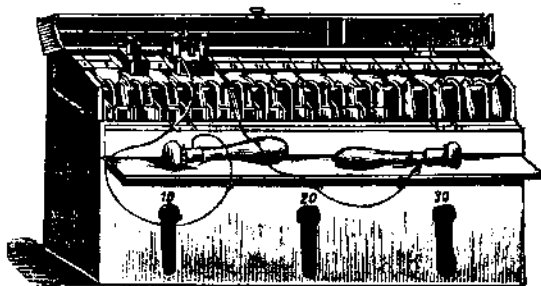


Рис. 309.

организм и его ткани, представляющие большое сопротивление. Самые распространенные из них, как батарея Штерера или Шпамера, состоят из цинка, угля и хромовой смеси (рис. 309 и 310).

Эти батареи и заключающие их так называемые переносные электрические машинки требуют очень тщательного ухода и даже

несмотря на это, особенно гальванические, действуют неверно и часто подвергаются порче; кроме того большинство из них не снабжены реостатами (для дозирования токов) и миллиамперметром (для измерения тока), а только счетчиками элементов и гальванометрами, что далеко не достаточно и очень не точно.

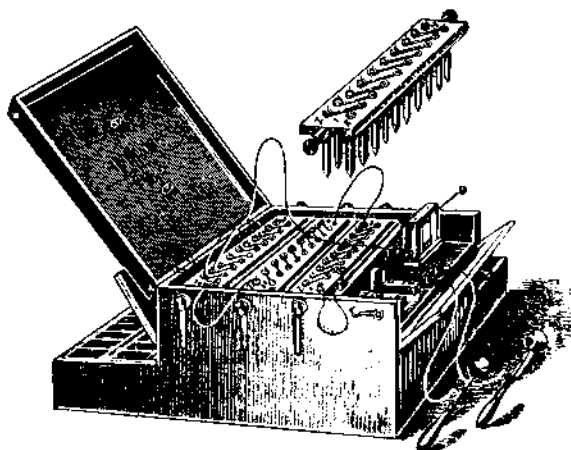


Рис. 310.

Из переносных машин нужно предпочесть, хотя и более тяжелые, но те, где имеются указанные приспособления и батареи которых составлены из сухих элементов.

Работа 43. Соединим теперь элементы последовательно, т. е. положительный полюс 1-го элемента с отрицательным второго и т. д. (рис. 311).

Измерим электродвижущую силу цепи. Опыт показывает нам, что $E = 6$ вольтам. Объясним явление. Пусть потенциал цинка 1-го элемента равен нулю, тогда при электродвижущей силе элемента $e = 2$ вольтам, потенциал его угля должен быть равен 2 вольтам. Допустим на мгновение, что во втором элементе нет никакой электродвижущей силы. Тогда электричество

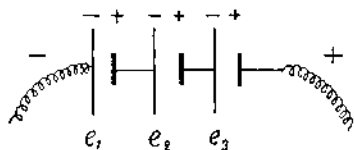


Рис. 311.

начнет перетекать с 1-го элемента на 2-й и зарядит его цинк до потенциала, равного 2 вольтам. Но на элементе должна быть разность потенциалов в 2 вольта, следовательно уголь второго элемента зарядится до 4 вольт. Рассуждая таким образом дальше, мы придем к заключению, что при трех элементах E должно рав-

няться 6 вольтам, при 4— $E=8$ вольтам, при k элементах $E=k \cdot e$ вольт, т. е. разность потенциалов батареи элементов, соединенных последовательно, растет пропорционально числу взятых элементов.

ГЛАВА XL.

§ 188. Магнитное действие тока. Работа 44. Возьмем магнитную стрелку, могущую вращаться в горизонтальной плоскости; дадим ей успокоиться и расположим вокруг нее проволоку, по которой пустим ток от элемента (рис. 312). Стрелка сейчас же отклонится в сторону и установится под некоторым углом к направлению тока. Для объяснения этого явления, впервые замеченного датским физиком Эршtedтом в 1820 г., мы должны сделать предположение, что вокруг проводника с током имеется магнитное поле. В справедливости сделанного предположения убеждает нас опыт. Возьмем кусок толстой медной проволоки, проткнем его через



Рис. 312.

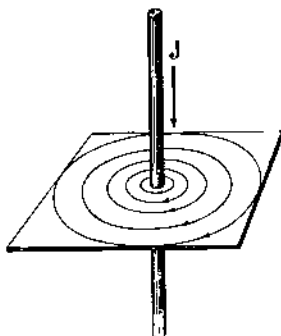


Рис. 313

лист картона и соединим с полюсами сильной батареи (рис. 313). Посыпем на картон железные опилки. Последние располагаются вокруг проволоки концентрическими кольцами. Мы получили спектр магнитного поля тока. Итак, Эршtedт установил впервые связь между явлениями электричества и магнетизма. Французский физик Ампер дал простое правило, которому всегда следует отклонение магнитной стрелки током. Правило это называют правилом правой руки.

Работа 45. Расположим около любого участка проводочного контура правую руку так, чтобы ладонь смотрела на магнитную стрелку, поставленную внутри контура, а пальцы были вытянуты по направлению тока, тогда северный конец магнита отклонится в ту же сторону, куда обращен большой палец (рис. 315) (правило правой руки).

Обратно, видя отклонение стрелки по правилу правой руки, можно найти направление тока в контуре. По этому правилу легко определить местонахождение северного и южного полюса электромагнита (описание см. § 189). Отклонение стрелки током

тем интенсивнее, чем сильнее ток. На этом принципе устраиваются приборы, которые служат для обнаруживания и изме-

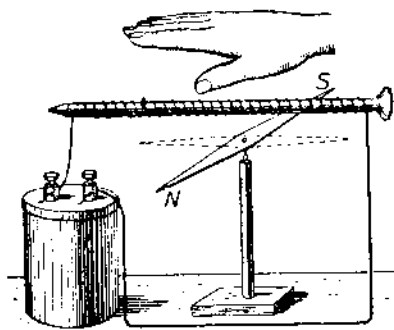


Рис. 314.

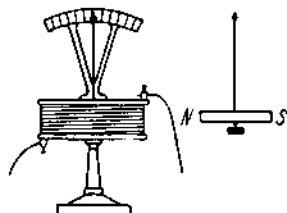


Рис. 315.

рения тока в цепи. Общее название этих приборов гальваноскопы или гальванометры. Они состоят обычно из проводочной катушки, внутри которой помещается магнит, опирающийся на подставку (рис. 314).

При прохождении тока по виткам катушки магнит стремится стать вдоль ее оси и отклоняется в ту или иную сторону, по правилу правой руки. Соединенный с магнитом указатель перемещается около градуированной шкалы. На практике употребляют гальванометры весьма различных систем и чувствительности.

Заметим, что гальванометры, измеряющие силу тока, называются амперметрами, а измерители разности потенциалов — вольтметрами.

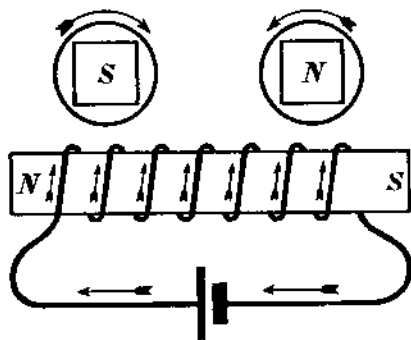


Рис. 316.

§ 189. Электромагнит и его применение в медицине. Открытие магнитных свойств тока привело к мысли изготовлять искусственные электромагниты.

Работа 46. Возьмем кусок мягкого железа (или гвоздь), обмотаем его изолированной проволокой и пустим ток (рис. 316). Железный стержень электромагнита, называемый сердечником, сейчас же становится сильным магнитом. Разомкнем цепь—

магнитное поле исчезает, а с ним вместе и магнитные свойства железа.

Для получения сильного магнитного поля мы можем придать магниту форму подковы и пустить ток по обмотке с большим числом витков (рис. 317). Электромагниты весом в несколько фунтов обладают способностью поднимать куски железа или стали весом в несколько пудов (применение электромагнитов на металлургических заводах для уборки обрезков металлов и пр.). Электромагниты имеют широкое применение, входя составной частью в устройство многих приборов и машин (динамо-машины электрических

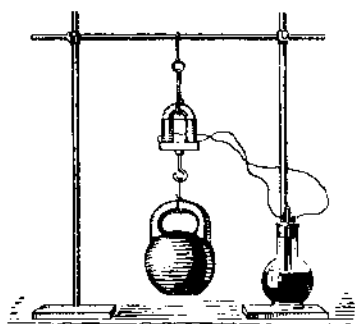


Рис. 317.

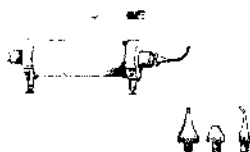


Рис. 318, а.

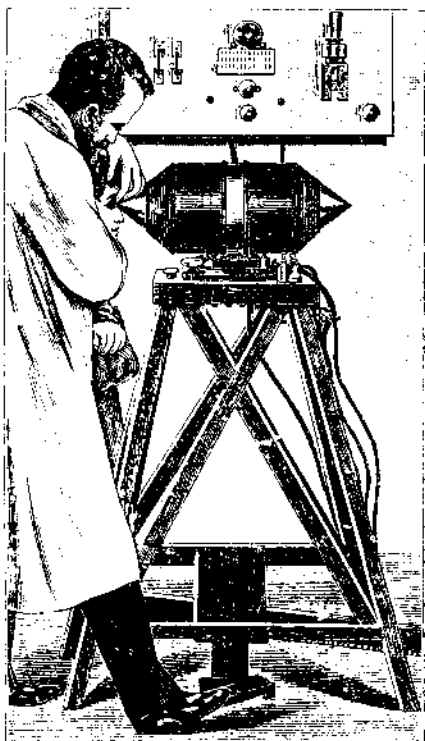


Рис. 318, б.

станций, звонки, телеграф, телефон, спираль Румкорфа и т. д.). Электромагниты имеют применение в медицине для извлечения из глаз мелких осколков железа или стали. Для извлечения инородного тела пользуются ручным электромагнитом, состоящим из сердечника мягкого железа, обвитого проволокой, к концу которого привинчивается тот или другой наконечник (рис. 318, а). Магнитное состояние возбуждается током постоянной батареи около 12 вольт. Наконечник вводят в глаз, почти до соприкосновения с инородным телом, и извлекают его дей-

ствием магнитных сил. В случаях более затруднительного извлечения пользуются большими электромагнитами (рис. 318, б), действующими на расстоянии. Во избежание реального перемещения тела в глазу и возможного его ранения силу магнита увеличивают постепенно усилением проходящего через него тока.

ГЛАВА XII.

§ 190. Закон Ома. Составим цепь (рис. 319) из источника электродвижущей силы E , реостата (описание см. § 191) W и амперметра A и будем изменять лишь величину E , увеличивая ее в 2, 3, 4 и т. д. раз. Мы заметим на амперметре, что сила тока в цепи увеличивается также в 2, 3, 4 и т. д. раз. Не будем изменять электродвижущей силы, но увеличим сопротивление реостата вдвое, втрое, — ток ослабевает в 2 или 3 раза. Итак, приходим к выводу, что сила тока в цепи (количество элек-

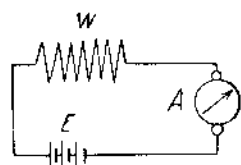


Рис. 319.

тричества, проходящее в единицу времени через поперечное сечение проводника) прямо пропорциональна электродвижущей силе и обратно пропорциональна полному сопротивлению. Закон этот был установлен в 20-х годах XIX столетия немецким физиком Омом.

Обозначим величину силы тока через i , величину электродвижущей силы через E и сопротивления через w , тогда согласно закона Ома $i = \frac{E}{w}$.

Сопротивление проводников. Изменяя длину и поперечное сечение проводников, заменяя в цепи проводники из одного материала другими, Ом разрешил вопрос о причинах, влияющих на величину сопротивления проводников. Зависимость эта выражается следующим законом:

$$w = \rho \cdot \frac{l}{s},$$

где l — длина проводника, s — поперечное сечение, а ρ — удельное сопротивление. Т. е. сопротивление проводников прямо пропорционально их длине, обратно пропорционально их поперечному сечению и прямо пропорционально удельному сопротивлению. Пусть длина проводника равна 1 см, поперечное сечение равно 1 кв. см, тогда имеем, что $w = \rho$. Следовательно, удельное сопротивление проводника есть сопротивление 1 куб. см. Установим

теперь единицу для измерения сопротивлений. Практической единицей сопротивления выбран 1 ом. Ом—это сопротивление ртутного столбика длиной в 106 см при поперечном сечении в 1 кв. мм и температуре 0.

Таблица 4.

Серебро	0,0000 016
Медь	0,0000 017
Железо	0,0000 1
Манганин (сплав)	0,0000 042
Ртуть	0,0000 938
Резисторный уголь	0,006
Серная кислота (10%)	2,6
Азотная кислота (60%)	2,0

Из таблицы удельных сопротивлений проводников мы видим, какие вещества обладают лучшей электропроводностью. Наименьшее сопротивление у металлов, и лучшим проводником тока является серебро, затем медь и т. д. Наибольшим сопротивлением обладают газы и чистые жидкости, вода, бензол, масло и т. д. На сопротивление всех проводников влияет еще температура. Сопротивление металлов с нагреванием

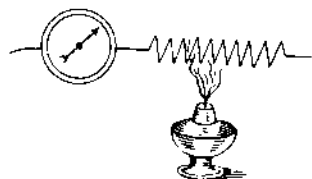


Рис. 320.

увеличивается (рис. 320), а угля уменьшается. Есть сплавы, сопротивление которых почти не зависит от колебаний температуры, например сплав манганин (состоит из меди, никеля и марганца). Такими сплавами пользуются для изготовления приборов, регулирующих силу тока в цепи, для так называемых реостатов.

§ 191. Реостаты. Реостаты представляют собою набор проволок с определенным сопротивлением и устроятся так, что в цепь легко ввести то или иное число омов. На рис. 321 изображен один из часто употребляемых в технике реостатов.

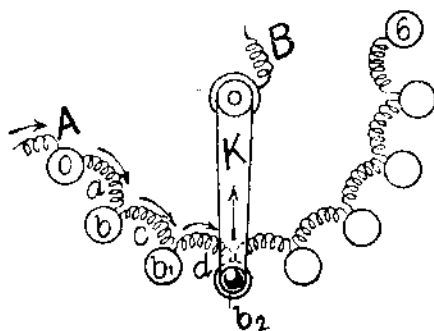


Рис. 321.

Электрический ток, попадая в зажим А, обегает при изображенном положении ручки три катушки а, с, d и идет через ручку К и В назад. Рукоятка может вращаться вокруг центра О,

благодаря чему скользящий контакт может занять любое место b , b_1 , b_2 и т. д. Ясно, что при передвижении ручки вправо мы увеличиваем сопротивление, а при движении влево — уменьшаем.

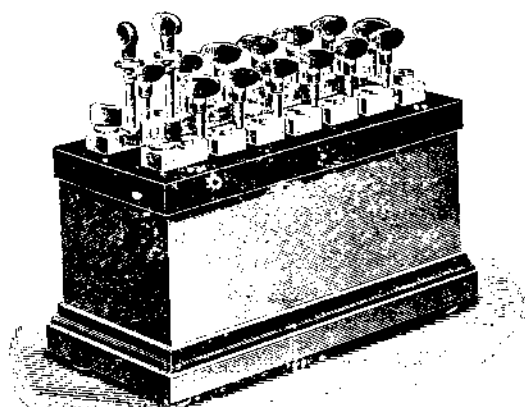


Рис. 322

Для слабых токов употребляются часто так называемые магазины сопротивления, которые представляют ящик с катушками проволок определенного сопротивления. В крышке ящика имеется медная пластина с рядом прорезов (рис. 322 и 323).

Включим прибор в цепь. Электрический ток, попадая в зажим a , обегает все катушки, соединяющие собой свободные

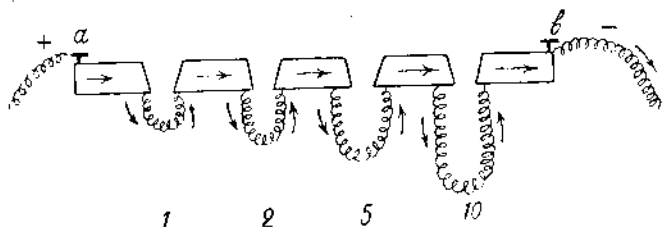


Рис. 323.

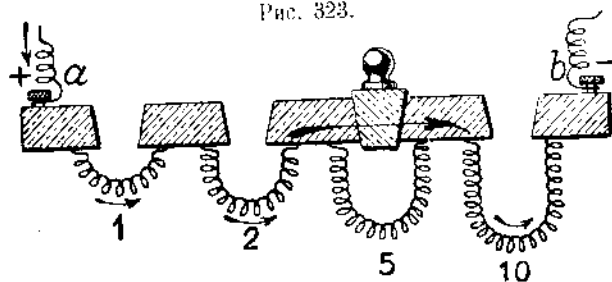


Рис. 324.

промежутки медной пластины. Допустим, что сопротивления катушек будут 1, 2, 5 и 10 омов. Тогда сопротивление всей цепи будет равно 18 омам. Вставим теперь в третий прорез медный штепсель (рис. 324).

Теперь электрический ток обожит 1-ю, 2-ю и 4-ю катушки, минуя 3-ю, так как сопротивление мелкой пластины ничтожно по сравнению с сопротивлением катушки. Включая и вынимая различные штепселя, можем регулировать ток, что бывает часто необходимо при многих электрических установках.

§ 192. Единица силы тока. Прежде мы установили единицу для измерения электродвижущей силы и единицу сопротивления, теперь установим единицу для измерения

силы тока. По закону Ома $i = \frac{e}{w}$.

Пусть $e = 1$ вольту, а сопротивление $= 1$ ому, тогда $i = \frac{1}{1} = 1$. Будем называть таким образом ампером единицу силы тока, который получается на проводнике с сопротивлением в 1 ом при электродвижущей силе в 1 вольт.

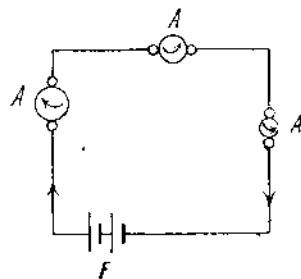


Рис. 325.

Включим амперметр в различные места одной и той же неразветвленной цепи (рис. 325) последовательно. Мы убедимся, что сила тока в различных участках цепи одна и та же. Заметим, что сопротивление самого амперметра не должно быть велико, иначе при включении его в цепь мы изменили бы общее сопротивление цепи.

ГЛАВА XIII.

§ 193. Тепловое действие тока. В главе об электрическом токе мы убедились, что проводник, по которому течет ток, непременно нагревается. Количество теплоты, развивающееся при этом в проводнике, можно измерить в калориметре. Составим цепь из

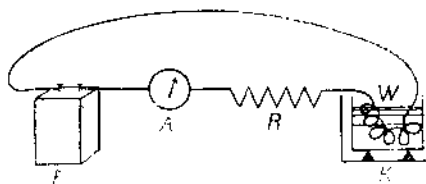


Рис. 326.

батарей E (рис. 326), амперметра A , реостата R и проводочки w , свёрнутой в спираль. Последнюю опустим в воду калориметра K . Изменяя величины i , w и время, мы по нагреванию воды в калориметре можем установить следующую

зависимость: $Q = ci^2wt$ — количество теплоты Q , выделяемое током на данном участке цепи, прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению данного участка и времени. Закон этот был

установлен русским профессором Ленцом и английским Джоулем в XIX столетии. Допустим теперь, что сила тока в цепи i была равна 1 амперу, сопротивление проволоки $w = 1$ ому и время действия тока $= 1$ секунде, тогда из формулы мы имеем, что $Q = c$. Рядом опытов установлено, что $c = 0,24$ малых калорий. На основании этого заключаем, что ток в i амперов, протекая по проводнику с сопротивлением в w омов, за t секунд выделит количество теплоты $Q = 0,24 i^2 wt$ мал. кал. Теплота, получающаяся в цепи от электрического тока, иногда называется джоулевой.

§ 194. Техническое применение джоулевой теплоты. В начале XIX века профессор военно-медицинской академии В. Петров, а за ним в Англии Дэви, пользуясь током от

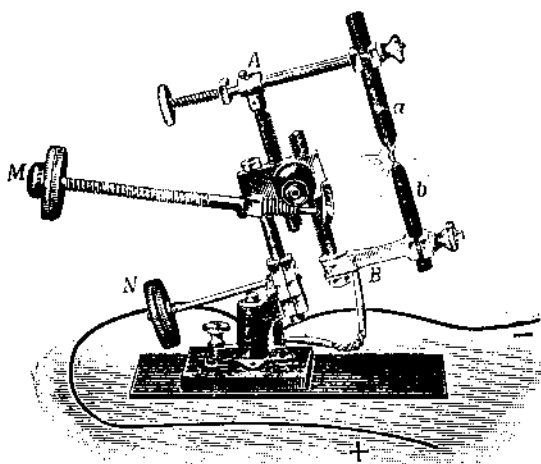


Рис. 327.

большой гальванической батареи, получили между двумя угольными стержнями ослепительный свет — вольтову дугу. В месте соприкосновения углей, где сопротивление наибольшее, угли раскаляются. При раздвигании углей образуется небольшая светящаяся дуга (рис. 327—328). Опыт устанавливает, что ток идет через раскаленный газ. Сама дуга

даст сравнительно немного света, но концы раскаленных углей, особенно служащий анодом, испускают ослепительный свет. На положительном угле образуется кратер, который излучает максимум теплоты и света. Здесь температура дуги достигает приблизительно 3500° . При такой высокой температуре обращаются в пары самые тугоплавкие вещества. По мере сгорания углей (положительный сгорает вдвое быстрее отрицательного) промежуток между углями увеличивается, и дуга тухнет. Для устранения потухания дуги угли сближают или ручными регуляторами (рис. 327), или автоматическими. Вольтова дуга требует напряжение не менее 30 вольт и берет ток в 10—20 ампер. Она представляет один из наиболее экономных и лучших источников освещения (дуговые лампы, для освещения улиц, проекционных фонарей и т. д.) и

в технике для электрической спайки металлов, для добывания азотной кислоты из воздуха и т. д.

Другим приемником энергии электрического тока, в котором она преобразуется в энергию тепловую, служат лампочки



Рис. 328.

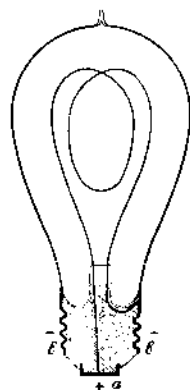


Рис. 329.

накаливания. Первые калильные лампочки были устроены американским изобретателем Эдиссоном. Они представляют собою стеклянный баллон, из которого воздух откачан до 0,2 мм ртутного столба (рис. 329 и 330).

Внутри стеклянного баллона к двум платиновым проволочкам прикреплено обугленное растительное волокно. Если через такую лампочку пропускать ток, то угольная нить, имеющая большое сопротивление, раскаляется добела. Чтобы нить данной лампочки нагревалась до нужной степени и давала нормальный свет, к ее полюсам *a* и *b* должна быть приложена определенная разность потенциалов, обычно 110—120 вольт. Если мы поместим ее в другие условия, то она или не даст желаемого света, или расплывется и перегорит. Лампочки в 16, 25, 50 и т. д. свечей отличаются лишь своим сопротивлением. В новых экономических лампочках угольные нити заменены тонкими



Рис. 330.

металлическими из тугоплавких металлов вольфрама, осмия и тантала. Нити эти выдерживают накаливание до 2300° , тогда как угольные лишь до 1750° . Отсюда больший процент получаемой ими световой энергии и их экономичность (рис. 331).

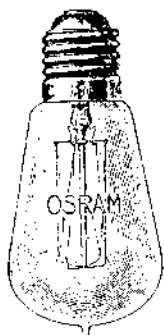


Рис. 331.

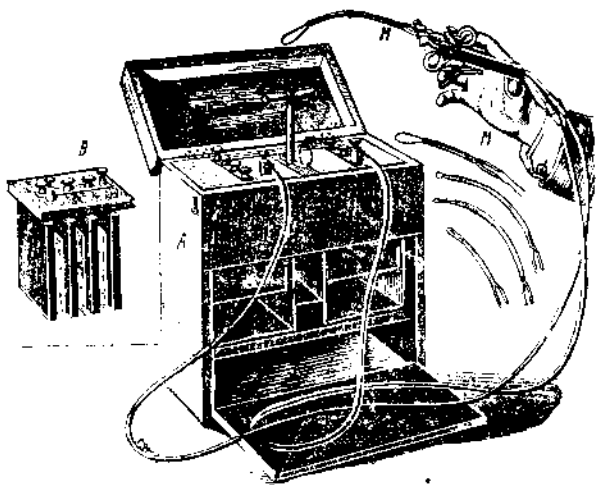


Рис. 332.

§ 195. Гальванокаустика — применение тепловитого действия тока в медицине для прижиганий. Часто пользуются для этой цели платиновыми петлями (или стерженьками). Вследствие незначительного сопротивления платиновых петель для накаливания их употребляют батареи элементов, соединенных параллельно. Каждый элемент батареи состоит, в свою очередь, из трех пар, также соединенных параллельно, что дает возможность значительно уменьшить внутреннее сопротивление батареи. На рис. 332 изображена батарея Веккера *A*; один из ее элементов *B* и проводочка *M* для электрических прижиганий.

ГЛАВА XLIII.

§ 196. Химическое действие тока. Погрузим в стеклянный сосуд *A* (рис. 333) две платиновые пластинки и нальем в него раствор хлористого цинка $ZnCl_2$. Пропустим ток от батареи элементов. На аноде появляются пузырьки хлора, а катод покрывается слоем цинка. Молекулы $ZnCl_2$ распадаются на отдельные части, $Zn + Cl_2$, которые выделяются на электродах. Аналогичное явление, которое называют электролизом, наблюдается при прохождении тока через растворы других солей, а также кис-

лот и щелочей. Вещества, которые разлагаются током, называются электролитами, а их составные части, появляющиеся у электродов, — ионами (по-гречески «ион» означает «идущий»). Ионы, на которые распадаются молекулы электролитов, всегда бывают двух типов: одни из них заряжены $+$ электричеством, другие —. Положительно заряженные ионы, под влиянием электродвижущей силы, гонятся к катоду, отрицательно заряженные — к аноду. Здесь они отдают свои заряды и становятся электрически нейтральными. Первые носят название катионов, вторые — анионов. Как общее правило, заметим, что металлы и водород всегда бывают катионами, а остатки солей и кислот — анионами. Приборы, в которых производят электролиз, имеют общее название вольтаметров.

Прежде предполагали, что единственной причиной распада молекул электролитов на ионы является электродвижущая сила. В настоящее время установлено, что, при растворении в воде электролитов часть молекул расщепляется (диссоциирует) на ионы и тем большая, чем меньше концентрация раствора. Так, например, часть молекул NaCl распадается в растворе на ионы Na и Cl . Эти продукты распада тотчас же заряжаются электричеством, атомы Na положительным, а атомы Cl отрицательным. Мы можем изобразить такой распад следующим образом: $\text{NaCl} = \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$. Таким образом в растворе электролита мы встречаемся с частицами тройкого рода: 1) поддиссоциированными, электрически нейтральными молекулами, 2) ионами, заряженными положительно, и 3) ионами, заряженными отрицательно. Не все вещества, растворенные в воде, диссоциируют в равной мере. Так называемые сильные кислоты (H_2SO_4 ; HCl ; HNO_3) и сильные щелочи (NaOH ; KOH и др.), переходя в раствор, распадаются почти целиком на ионы, в то время как слабые органические кислоты, например уксусная и др., диссоциируют в растворе в очень малой степени.

Ясно, что те растворы, которые содержат большой процент ионов, будут хорошо проводить электричество и наоборот. Так, сахар, спирт, хлороформ, различные масла и др. органические вещества, равно как химически чистая вода, не образуют ионов, а потому представляют электрическому току громадное сопротивление. Обратим внимание еще на следующий важный факт: ионы ведут себя иначе, нежели обыкновенные атомы элементов.

В то время как свободные атомы химического элемента вступая

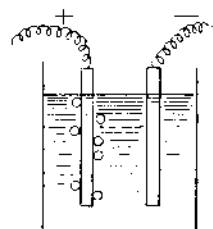


Рис. 333.

с водой в соприкосновение, сейчас же разлагают ее, освобождая водород. ионы Na^+ , заряженные $+$ электричеством, обнаруживают в этом отношении полную неактивность. Свободные атомы хлора имеют желто-зеленый цвет и характерный удушливый запах, тогда как ионы хлора, заряженные $-$ электричеством, не обладают подобными признаками. Группа атомов SO_4 самостоятельно существовать не может, тогда как ион SO_4^- — достаточно прочен и не распадается и т. д.

Английский физик Фарадей произвел ряд тщательных наблюдений по электролизу и установил законы, управляющие этими явлениями:

I. Количества веществ, выделяющихся на электродах, прямо пропорциональны полному количеству протекшего электричества. Другими словами, двойному количеству электричества соответствует и двойное количество выделившегося в вольтметре вещества, или равные количества веществ приносят с собой к электродам равные количества зарядов.

II. Одно и то же количество электричества, проходя через ряд вольтметров, выделяет в них разные вещества в эквивалентных количествах, т. е. в таких количествах, которые способны замещать друг друга при химических реакциях.

Разлагая, например, одновременно одним и тем же током воду, поваренную соль, хлористое серебро и т. д., мы получим H , O , Cl , Ag в таких количествах, которые замещают друг друга в химических соединениях (1 г H , 8 г O , 107 г Ag , 35,5 г Cl и т. д.).

Так как в 1 г H , 35,5 г Cl , 107 г Ag и т. д. содержится одинаковое количество атомов этих элементов, а все они, как известно из химии, одновалентны и приходят к электродам с одинаковым количеством электричества, то мы должны сделать важный вывод: ионы одновалентных элементов несут на себе одинаковые весьма маленькие, элементарные заряды. Так как то же количество электричества приносится к электродам с 8-ью г O , т. е. числом атомов его вдвое меньшим чем например в 1 г H , то ионы двухвалентных элементов несут двойные элементарные заряды, аналогично трехвалентные — тройные и т. д. Другими словами: 1) электричество, подобно материи, может делиться на ничтожно маленькие частицы, элементарные заряды; 2) заряды различных ионов всегда являются кратными одного и того же количества электричества, к какому бы элементу или

соединению ион ни относился. Этот элементарный заряд носит название электрона.

§ 197. Ионтофорез и катафорез. На свойстве ионов перемещаться в электрическом поле под влиянием электродвижущей силы основана возможность внедрения в тело больного тех или иных ионов. Даже при обыкновенной гальванизации влажными электродами (см. § 187) в тело вводятся снаружи ионы смачивающей электроды жидкости. Если обертки электродов смочены например раствором NaCl , то на них имеются ионы Na^+ и Cl^- , которые под влиянием электродвижущей силы направляются к соответствующим электродам. Достигнуть их они смогут только пройдя через тело больного, проникая через кожу. Из предыдущего ясно, что ионы Na^+ могут переноситься только к катоду, тогда как ионы Cl^- к аноду. Вообще положительные ионы идут с положительного полюса, а отрицательные с отрицательного вглубь тела. Такое внедрение чуждых организму ионов, через неповрежденную кожу, с целью терапевтического воздействия называется ионтофорезом. Допустим, что в тело больного желательно ввести положительно заряженные ионы хинина. В таком случае смачивают положительный электрод раствором хинина, а отрицательный — раствором индифферентной жидкости. На рис. 334 мы

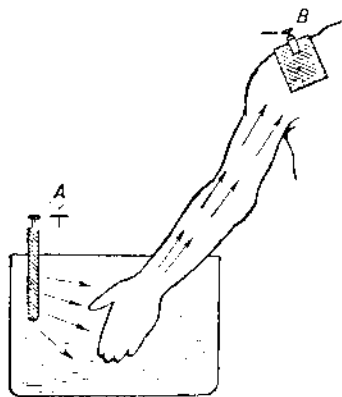


Рис. 334.

видим способ введения $+$ ионов в предплечье руки. Здесь $+$ ионы лекарственного раствора проникают из ванны в руку больного. Для введения отрицательных ионов, например, J , салициловой кислоты и пр. в ванну помещают катод, а электрод B делают анодом.

С явлением ионтофореза не надо смешивать довольно похожее явление, называемое катафорезом. Было замечено, что при пропускании электрического тока через плохо проводящие растворы происходит одностороннее их смещение (обычно в сторону катода). Такое передвижение неионизированных молекул получило название катафореза. Если налить чистую воду в сосуд с перегородкой из пористой глины (рис. 335) и пропустить ток, то молекулы воды перемещаются со стороны анода к катоду, где жидкость и поднимается на большую высоту. Для объяснения этого явления, Гельмгольц ввел гипотезу, что молекулы воды,

от соприкосновения со стеклом, заражаются положительно, а стекло отрицательно. В растворе образуются молекулы, заряженные электричеством, которые подобно ионам устремляются к соответствующим электродам. Подобное явление наблюдается и у коллоидных частиц, способных перемещаться под влиянием электрического напряжения. Явление катафореза даст возможность вводить в организм молекулы плохо проводящих растворов, чем и пользуются в медицине. Так как все биологические процессы протекают в коллоидных растворах, то понятно какую существенную роль играют в них отмеченные нами явления.

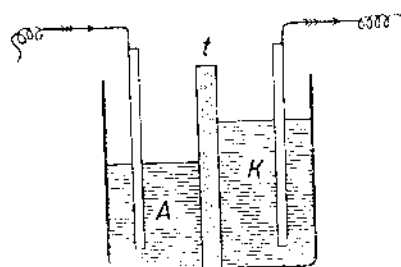


Рис. 335.

§ 198. Работа 47. Нальем в стакан раствора медного купороса CuSO_4 и поместим в него два угольных электрода, соединенных с батареей (рис. 336). Через несколько минут вынем уголь, служивший катодом. Мы замечаем, что он покрылся красивым налетом красной меди. Составные части, на которые распадается CuSO_4 , будут Cu^{++} и остаток соли, — группа SO_4^{--} . Медь выделилась на катоде, а группа SO_4 распадается у анода по уравнению $\text{SO}_4 = \text{SO}_3 + \text{O}$. SO_3 вступает в реакцию с водой и образует серную кислоту $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$, кислород выделяется у анода. Пропустим теперь ток через

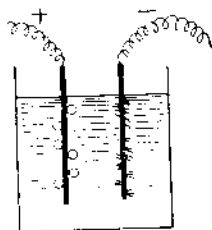


Рис. 336.

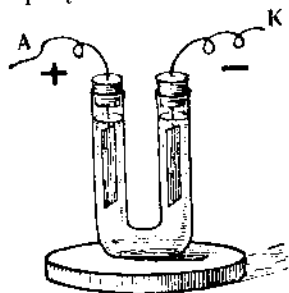
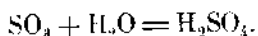


Рис. 337.

раствор глауберовой соли, налив ее в U-образный вольтметр (рис. 337).

Соль распадается на ионы по уравнению $\text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2^{++} + \text{SO}_4^{--}$. Na^+ идет к катоду, где вступает в реакцию с водой: $\text{Na}_2^{++} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$. Таким образом у отрицательного полюса образуется щелочь и H_2 . В свою очередь группа SO_4 рас-

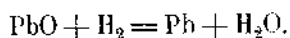
падает у анода на свободный О и на SO_2 . SO_2 вступает в реакцию с водой и образует серную кислоту:



Если осторожно налить сверху в трубки вольтметра раствор лакмуса, то на аноде он краснеет, а на катоде синее. Выделением кислот на аноде и щелочей на катоде пользуются в медицине в так называемом хирургическом электролизе для удаления волос, полипов, родинок и т. д. Образующаяся около анода кислая жидкость свертывает кровь и останавливает кровотечение. появляющаяся около катода щелочь способствует разбуханию и раздражению тканей.

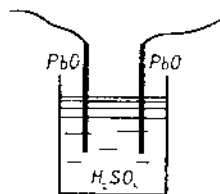
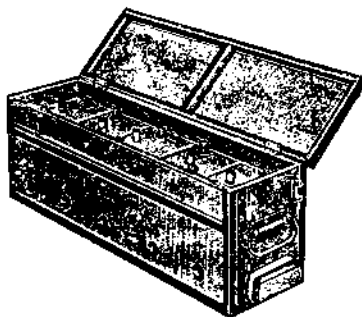
Кроме терапевтического действия ионы играют весьма важную роль в процессе раздражения нервов и мышц. Работами Лёба, Чериста и академ. Лазарева установлено, что только ионизированные растворы могут действовать на нервы. Так, в процессе зрения под влиянием света образуются ионы в зрительном пурпуре глаза. Ионы эти раздражают окончания зрительных нервов, ведущих к головному мозгу. Аналогичная картина установлена и для слуховых явлений. Звуковые волны приводят в колебание волокна Кортиева органа, последние передают раздражение так называемым волосатым клеткам и вызывают в них разложение на ионы особого слухового вещества. Эти ионы действуют на нервные окончания и передают возбуждение в головной мозг. На ряду с процессом образования ионов происходит и восстановление разрушенных внешним раздражением указанных веществ (зрительного пурпура, слухового вещества). Таким образом приложение физики к биологии позволяет значительно глубже охватить сложные процессы, протекающие в живых организмах.

§ 199. Аккумуляторы. Опустим в раствор H_2SO_4 две свинцовые пластины, покрытые слоем окиси свинца PbO . Пропустим через такой вольтметр ток. Мы замечаем выделение пузырьков газа на аноде и катоде. Кислород, выделяющийся у анода, реагирует с PbO по уравнению $\text{PbO} + \text{O} = \text{PbO}_2$, водород на катоде восстанавливает PbO :



Вольтметр поляризуется. Замкнем прибор на амперметр. Последний обнаруживает ток направления, противоположного первоначальному. В вольтметре текут обратные реакции. Перекись свинца PbO_2 раскисляется в окись PbO , а свинец катода окисляется в PbO ; вольтметр постепенно разряжается. Рассмо-

тренный прибор (рис. 338, *a* и *b*) называется аккумулятором, служит он для накопления электрической энергии (например, на электрических станциях). Аккумуляторы имеют широкое применение с успехом заменяют различные элементы. Их средняя электродвижущая сила $\varepsilon = 2$ вольтам. Одним из достоинств аккумуляторов является малое внутреннее сопротивление (пластины имеют большое поперечное сечение и

Рис. 338, *a*.Рис. 338, *б*.

расположены друг от друга на малых расстояниях). Крупным недостатком является большой их вес.

Кроме свинцовых аккумуляторов на практике довольно часто применяются железо-никелевые аккумуляторы с раствором едкой щелочи.

ГЛАВА XLIV.

§ 200. Электромагнитная индукция токов. Мы знаем, что электрический ток обладает способностью намагничивать железо. Попытаемся получить обратное явление — при помощи магнита добыть ток. Соединим концы катушки *A* с зажимами чувствительного гальванометра *G* (рис. 339) и вдвинем быстро в катушку магнит. Стрелка гальванометра отбрасывается в сторону. Выдвинем магнит обратно; стрелка отклоняется в противоположную сторону. Во время остановки движения магнита ток исчезает. Итак, при всяком вдвигании магнита и выдвигании в катушке возникают мгновенные токи то одного, то другого направления.

Теперь внесем в нашу катушку *A* другую *B*, маленьких размеров, с источником тока *cd* (рис. 340). Снова при вдвигании и выдвигании во вторичной катушке *A* возникают переменные токи.

Наконец вставим катушку *B* в катушку *A* и разомкнем в первой из них ток, а затем замкнем снова (рис. 340). Стрелка гальванометра свидетельствует нам о возникновении токов во

вторичной катушке А. Такие опыты были произведены в 1831 г. Фарадеем; обнаруженное явление названо электромаг-

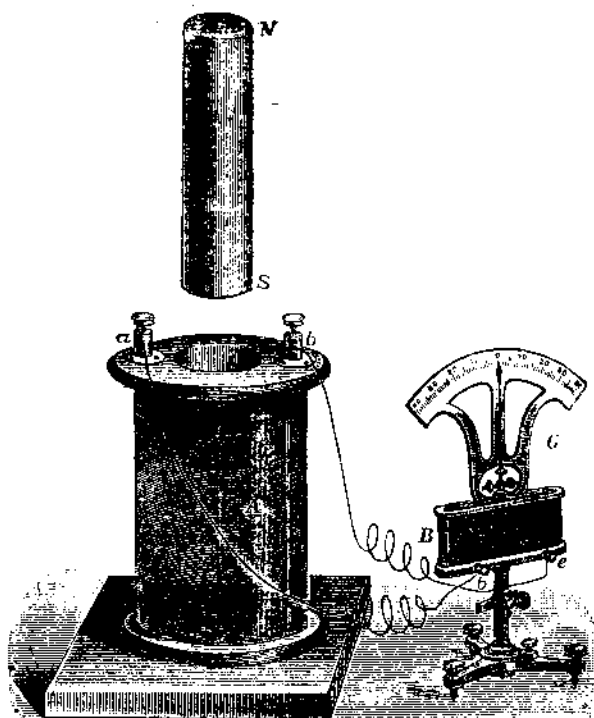


Рис. 339.

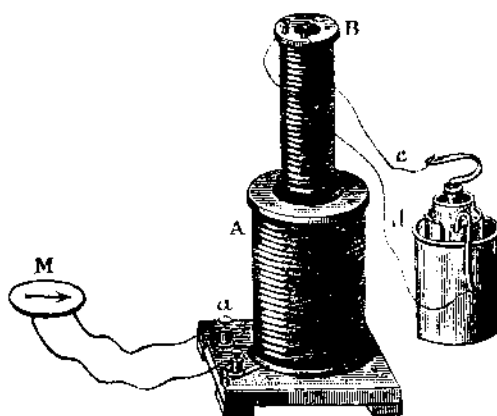


Рис. 340.

нитной индукцией. Для того, чтобы в замкнутом проводе получить индуктивный ток, нужно каким-нибудь образом около

проводника менять магнитное поле. Можно, например, вдвигать или выдвигать магнит или, наоборот, двигать замкнутый проводник около неподвижного магнита. Можно замыкать и размыкать ток в соседнем замкнутом проводе или двигать этот провод и т. д.

§ 201. Индуктор. Одно из весьма важных применений индуктивных токов в катушке Румкорфа. Этот прибор дает

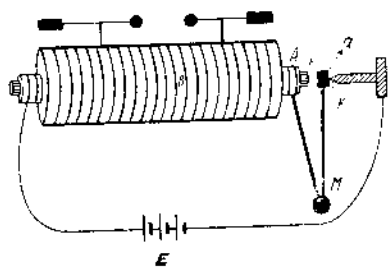


Рис. 341, а.

возможность трансформировать токи с малым напряжением в токи с громадной электродвижущей силой, т. е. в токи с большим напряжением. Индуктор Румкорфа (рис. 341, а) состоит из первичной катушки *A* с железным сердечником *F*, с сравнительно небольшим числом оборотов толстой прово-

локи, и вторичной катушки *B*, с громадным числом оборотов тонкой, тщательно изолированной проволоки. Первичная катушка питается током от батареи аккумуляторов *E*. Для замыкания и размыкания цепи служит автоматический прерыватель — молоточек Вагнера (*a*). Ток из батареи *E* обегает первичную ка-

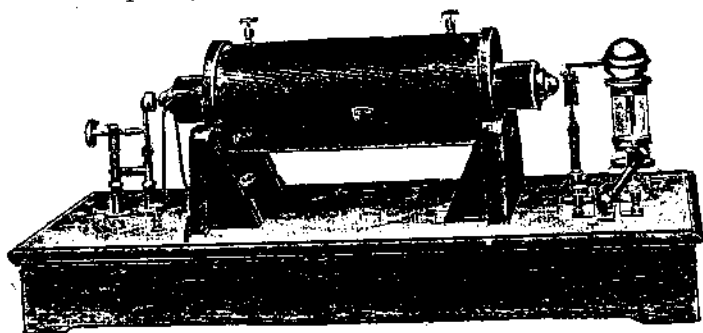


Рис. 341, б.

тушку, проходит через железный молоточек *a*, острие *k* и возвращается в батарею. Сердечник первичной катушки намагничивается и притягивает к себе прерыватель *a*. В точке *k* цепь размыкается. Следствием размыкания является размагничивание сердечника, и молоточек *a* снова возвращается в первоначальное положение упругими силами пружины *M*, и т. д. Благодаря частым замыканиям и размыканиям магнитное поле все время быстро меняется и на полюсах вторичной катушки возникает

электродвижущая сила в сотни тысяч вольт то одного, то другого направления. Эта громадная разность потенциалов проявляется в мощных искрах, достигающих иногда длины больше одного метра. Явление разряда индуктора напоминает нам разряды электрофорных машин, также характеризующихся большой разностью потенциалов, при малом количестве протекающего электричества. Трансформация, т. е. повышение напряжения, тем больше, чем больше витков во вторичной обмотке, и чем быстрее происходит замыкание и размыкание. В мощных индукторах, например в рентгеновских кабинетах, вместо молоточковых прерывателей применяются механические вращающиеся прерыватели или электролитические.

§ 202. Применение индуктора в электротерапии. Даже слабые переменные токи, получаемые от индуктора, производят ощущение сотрясения, более сильные вызывают болезненные судороги. В медицине широко пользуются индукционными катушками для лечения многих болезней. Этот метод лечения носит название фарадизации. Индукционные аппараты, употре-

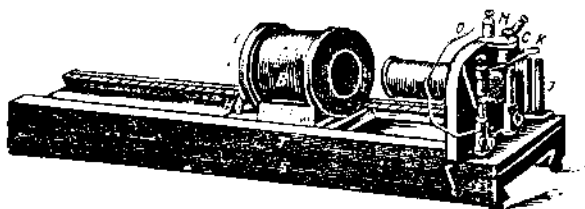


Рис. 342.

бляющиеся в медицине, имеют обычно такую конструкцию, что для регулирования тока вторичная катушка делается подвижной (аппарат Дюбуа-Раймона, рис. 342).

Часто, из практических соображений, для экономии места регулирование тока производят вдвиганием или выдвиганием железного сердечника, снабженного градуированной шкалой (рис. 343).

На первом рисунке мы видим салазки, по которым скользит вторичная катушка вдоль масштаба, с особо градуированной шкалой; на втором — стержень А, который может перемещать железный сердечник.

Что касается электродов, то для фарадизации органов, лежащих под кожей (мышц, нервов, суставов, внутренних органов), пользуются двумя влажными электродами, а для раздражения кожи — сухими металлическими, в виде кисти или щетинки.

Электроды готовят из меди, но во избежание их окисления они должны быть позолочены или никелированы. Им придают форму то валиков, то шара, величиной от горошины и

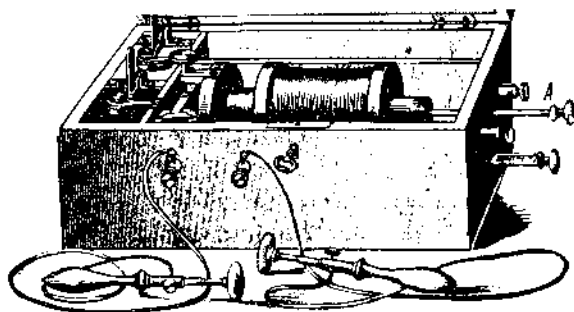


Рис. 343.

до кулака, то пластинок (рис. 344) и, наконец, пуговок с соответственной формой изолированных зондообразных рукояток для фарадизации гортани, желудка, мочевого пузыря и т. д.

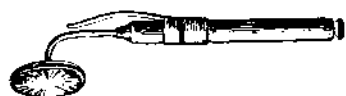


Рис. 344.

Терапевтическое действие индуктивных токов весьма обширно. Укажем, например, на фарадизацию нервов и мышц, затем на ритмическое раздражение грудобрюшной преграды, при котором последняя

сокращается, чем вызывается легочная вентиляция, в случаях асфиксии, при отравлении окисью углерода, светильным газом, хлороформом и пр. Далее успешное применение фарадизации для физиологической гимнастики мышц, сухожилий, суставов и т. д.

ГЛАВА XLV.

§ 203. Явление электрических разрядов в газах. Сухой воздух и другие газы при нормальном атмосферном давлении и температуре являются хорошими изоляторами. Но при высокой температуре (вольтова дуга) или при уменьшенном давлении газы постепенно теряют свои изолирующие свойства.

Включим в цепь вторичной обмотки индуктора (рис. 345) стеклянную трубку с вплавленными электродами. Трубка посредством стеклянного отростка соединяется с хорошим насосом. Начнем выкачивать воздух из трубки. При атмосферном давлении разряда в трубке не заметно, но при известном разрежении (рис. 346) появляется длинная, направленная от анода к катоду вол-

нистая полоса фиолетового цвета. Давления, относящиеся к разным стадиям разряда, указаны на рис. 346.

Будем продолжать разрежать газ. По мере удаления газа светящаяся полоска постепенно расширяется и принимает красноватый оттенок. Затем свечение разбивается на слои и постепенно заполняет собой почти всю трубку. В зависимости от природы вещества свечение имеет тот или иной оттенок. При дальнейшем выкачивании анодное свечение уменьшается, а внутреннее пространство трубки делается совершенно темным. Только около

Давление

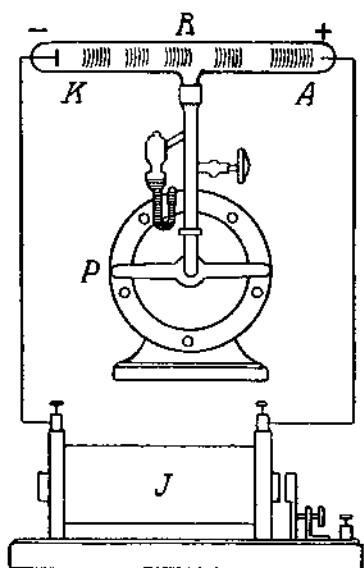


Рис. 345.

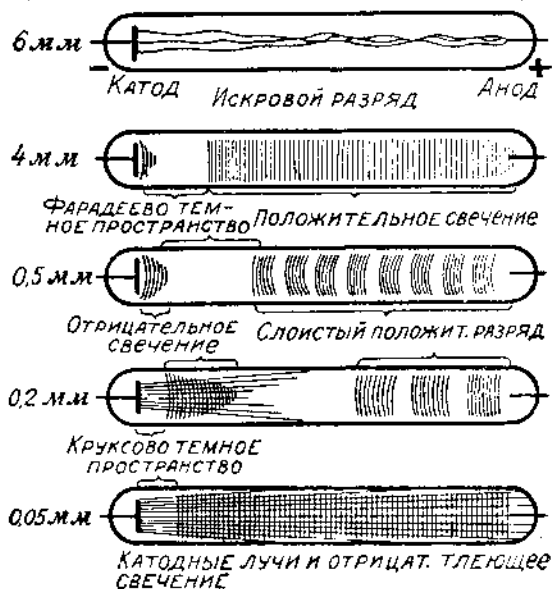


Рис. 346.

катода наблюдается слабое голубоватое свечение. Когда давление упадет до $\frac{1}{1000000}$ доли атмосферы, анодного свечения совсем нет, но от катода распространяется новый поток. Противолежащая катоду стенка трубки начинает светиться (флуоресцировать) красивым зеленым светом. Это катодное излучение получено впервые и исследовано английским физиком Круксом и носит название катодных лучей.

§ 204. Свойства катодных лучей. Катодные лучи невидимы и распространяются прямолинейно. Поставим внутри круковой трубки на пути катодных лучей алюминиевый крестик (рис. 347). Мы замечаем, что на противоположной части

трубки появляется тень креста, что свидетельствует нам о прямолинейности катодного потока. Катодные лучи вызывают флюо-

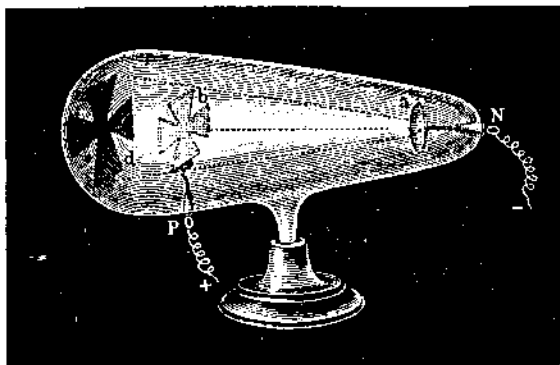


Рис. 347.

ресценцию и фосфоресценцию не только стекла, но и многих других веществ, на которые они падают, например, окислов металлов, мела, алмаза, рубина и пр. Концентрируя при помощи вогнутого катода катодный поток на платиновой проволочке, мы можем раскалить ее до бела и даже расплавить (рис. 348).

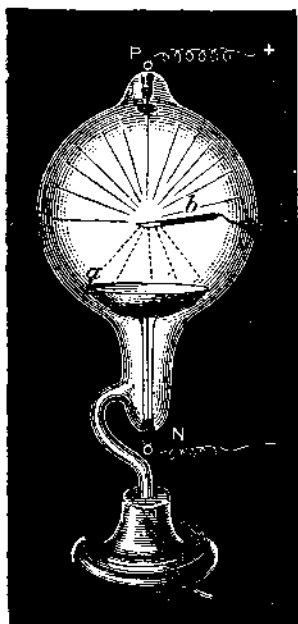


Рис. 348.

Что представляют собою невидимые катодные лучи? На первый взгляд они во многом похожи на лучи света: прямолинейно распространяются, собираются вогнутым зеркалом, дают резкие тени, попадая на вещества, заставляют их иногда светиться (флуоресцировать) и т. д. Но, оказывается, прежде всего, что катодные лучи распространяются со скоростью, меньшей скорости света, т. е. 300 000 км в секунду, хотя иногда и очень близкой к этой скорости. Чем больше напряжение, наложенное на трубку, тем быстрее летят катодные лучи, никогда не превосходя, однако, скорости света. Далее катодные лучи отклоняются магнитом. Если к катодным лучам

в трубке Крукса (рис. 347) поднести магнит, тень креста резко переместится. От электрически заряженного тела катодные лучи

также отклоняются, они притягиваются к положительно заряженному телу и отталкиваются от тела, заряженного отрицательно, т. е. несут с собою отрицательный заряд. Путем исследования отклонений катодных лучей в электрическом и магнитном поле удалось определить их скорость и доказать, что они состоят из электрически (отрицательно) заряженных частиц, масса которых в 1835 раз меньше, чем у самого легкого атома водорода. Заряд каждой такой частицы в точности равен заряду одного (одновалентного) иона при электролизе (ср. стр. 186). Такие катодные частицы названы электронами. Они являются составной частью каждого атома. Всякий атом, как показали исследования последних десятилетий, имеет электрическую природу, он построен до некоторой степени подобно солнечной системе. Роль солнца играет положительно заряженное ядро, в котором сосредоточена почти вся масса атома. Вокруг ядра наподобие планет кружится то или иное число отрицательных электронов. Например, в атоме водорода вокруг ядра вращается только один электрон, в самом тяжелом атоме урана 92 электрона. Есть основания думать, что ядра всех элементов построены из ядер водорода положительных «протонов», соединяемых вместе и не распадающихся посредством некоторого числа отрицательных электронов. С этой точки зрения все разнообразие вещества построено только из двух сортов «кирпичей»: электронов и протонов.

Теория электронов поясняет все явления электростатики и электродинамики. Количество электричества — это количество прибавленных или отнятых электронов (отрицательный и положительный заряд). Отнять у атома электрон — значит зарядить его положительно, превратить из нейтрального состояния в положительный ион. Наоборот, присоединить к атому добавочный электрон — значит сделать его отрицательным ионом. Поэтому заряд иона при электролизе (стр. 186) и совпадает с зарядом электрона. Электрический ток в проводниках соответствует некоторому перемещению электронов под действием наложенного напряжения, хотя и не следует представлять себе ток в проводниках как струю электронов. Такая струя имеется только в разреженном пространстве катодной трубки, где электроны не встречают на пути атомов или молекул и непрерывно подгоняются электрическим полем. Если давление в разрядной трубке значительно, то электроны постоянно сталкиваются с молекулами, заставляют их светиться, вышибают из них в свою очередь электроны или, наоборот, пристают к ним, образуя таким образом из молекул положительные или отрицательные ионы в газе (иони-

зация). Таким образом объясняются сложные явления разряда при значительных давлениях в трубках (рис. 346).

§ 205. Лучи Рентгена. В 1895 г. профессор Мюнхенского университета Рентген сделал сообщение об открытии им новых, в то время загадочных, лучей, которые он назвал X-лучами. Ра-

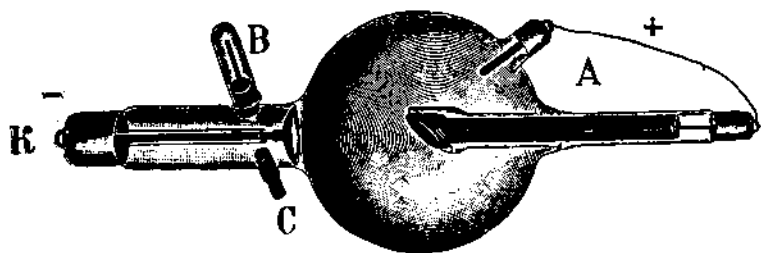


Рис. 349.

ботая с круковскими трубками, Рентген заметил, что та часть стекла, на которую падают катодные лучи и которая флуоресцирует зеленым светом, испускает еще невидимые лучи. Эти лучи обладают рядом замечательных свойств. Прежде всего они обладают способностью проходить без преломле-

ния через многие непрозрачные тела с малым удельным весом например дерево, бумагу, мясо, кожу, хрип и т. д. Затем, падая на экраны, покрытые особыми составами (сернистый цинк, платино-сине-родистобариевая соль) они заставляют их флуоресцировать. Магнитом эти лучи не отклоняются. Рентген усовершенствовал

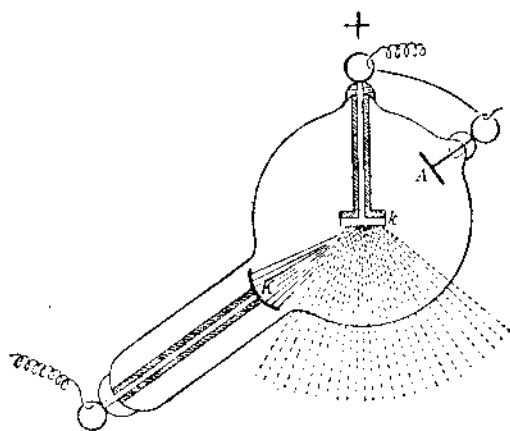


Рис. 350.

прибор для получения X-лучей, придав ему вид, который теперь называют рентгеновской трубкой (рис. 349 и 350). Катодный поток исходит от вогнутого платинового катода *К* и падает на платиновую массивную пластинку, называемую антикатодом (*к*). В свою очередь антикатод начинает испускать сильный поток лучей Рентгена (на рис. 350 изображен пунктиром). Эти X-лучи легко

проникают через стекло наружу. Если на их пути мы поместим нашу руку или другой непрозрачный предмет, например бумажник с

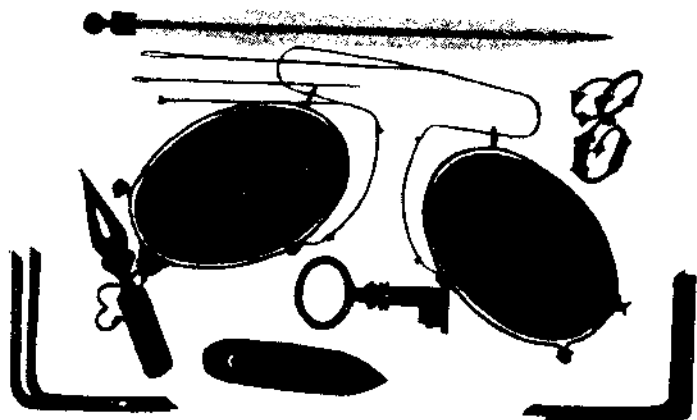


Рис. 351.

различными предметами, а затем флуоресцирующий экран (рис. 351), то увидим на последнем силуэты тех частей, которые сильнее задерживают эти лучи. Кости руки (рис. 352), металлическая оправа кошелека и монеты дают на экране темную тень. Такое просвечивание X-лучами имеет громадное значение для диагностики в медицине и носит название рентгеноскопии (исследование переломов костей, местонахождение пули и т. д.).

Если на пути лучей вместо экрана поместить фотографическую пластинку (рис. 353), то мы получим снимок с очертаниями непрозрачных тел. Этот метод носит название рентгенографии.

Укажем еще на патологическое и терапевтическое действие рентгеновских лучей. Продолжительное освещение X-лучами вызывает на здоровых тканях покраснение, затем воспаление и, наконец, образование опасных гнойников. Лучи эти вызывают выпадение волос и хрупкость ногтей. Также вредно влияют на семенной аппарат человека и на глаза (образование



Рис. 352.

конъюнктивитов). Защитой медперсонала являются специальные будки, где помещаются рентгеновские установки. Будки эти выложены листами свинца, хорошо задерживающего лучи. Кроме того, тело защищают тканями, пропитанными свинцовыми солями (мюллеровская материя), на глаза одевают очки со стеклами, содержащими соли свинца, и т. д.

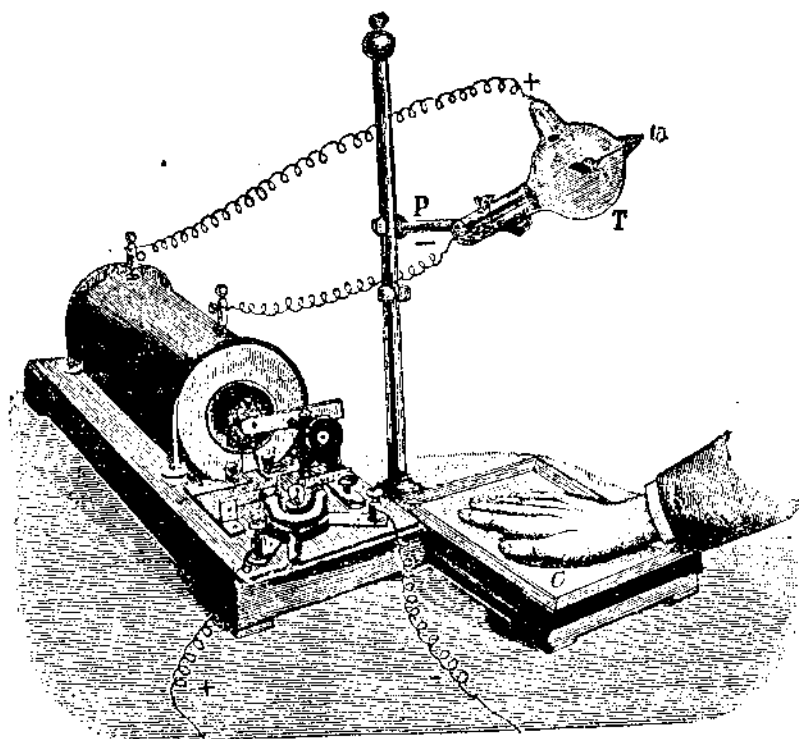


Рис. 353.

Из заболеваний, которые поддаются рентгенотерапии, укажем на опухоли как доброкачественные, так и злокачественные (рак, саркома и пр.).

Для тех или иных целей рентгеновские трубки должны обладать различным разрежением — вакуумом. Замечено, что по мере работы с одной трубкой в ней образуется все больший и больший вакуум, трубка становится жесткой. Для уменьшения ее жесткости трубку регенерируют. Укажем на один простой способ регенерации трубки. В рентгеновскую трубку впаивается проволочка *В* из металла палладия (рис. 349). Последний обладает способностью хорошо поглощать газы. При нагревании

такой проволоочки некоторое количество газа выделяется внутрь трубки, и она становится мягкой. Для просвечивания толстых слоев тел нужны жесткие трубки; для тонких слоев пригодны мягкие. Для просвечивания и фотографирования кишечника и желудка больным дают висмутовую кашу. (Висмут имеет большой удельный вес и мало прозрачен для X-лучей.)

Укажем еще, что антикатод k должен быть всегда соединен с анодом A (рис. 350), иначе трубка работает плохо.

За последние десятилетия удалось доказать, что X-лучи — лучи световые. Можно точно измерить их длины волн, они оказываются в тысячи раз короче, чем у видимых лучей. В самое последнее время удалось обнаружить преломление и отражение X-лучей.

§ 206. Радиоактивность. В 1896 г. французский ученый Беккерель установил, что соли урана действуют на фотографическую пластинку аналогично лучам Рентгена. В 1898 г. супруги Кюри, исследуя различные минералы, получили из смоляной урановой руды новое вещество, активность которого была в 1 000 000 раз более, чем у урана. Это вещество содержало новый элемент, названный ими радием (радиус — луч). Его атомный вес = 226.

Радий обладает замечательным свойством испускать различные лучи с относительно громадной энергией. Помещая соль радия между полюсами электромагнита, можно разделить лучи, испускаемые им, на три потока (рис. 354) — лучи α , β и γ : α -лучи представляют поток атомов элемента гелия, заряженных положительным электричеством; они отклоняются магнитом в одну сторону, на рисунке влево; β -лучи — поток уже знакомых нам отрицательных электронов, они отклоняются сильнее, чем α -лучи, и в противоположную сторону, на рисунке вправо; γ -лучи магнитом не отклоняются и они похожи на X-лучи, но обладают еще более короткой длиной волны.

Температура радия всегда выше, чем у окружающей среды: 1 г радия излучает в течение 1 часа около 100 мал. калорий теплоты.

Наконец, радий является источником материальных излучений, так называемых эманаций. Эманация — это газ, который через несколько дней обращается в новое, твердое вещество, называемое Ra_A . Кюри установила, что все вещества, находя-

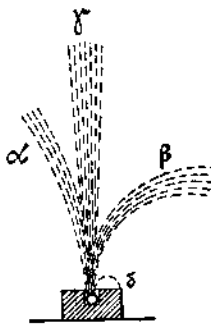


Рис. 354.

щиеся вблизи радия, сами становятся источниками радиоактивности (наведенная радиоактивность). Явление распада атомов радия, элемента с большим атомным весом, на атомы гелия с атомным весом (4) и эманацию с атомным весом 222 было первым примером превращения одного элемента в другой. В настоящее время установлено существование еще многих других радиоактивных элементов: тория, актиния и др. Они различаются длительностью своего существования, некоторые распадаются почти мгновенно, другие медленно разлагаются в течение тысяч и миллионов лет.

§ 207. Значение радиоактивности в медицине. Радий, его эманация и другие радиоактивные элементы по своим свойствам напоминают действие X-лучей. При действии бромистого радия и других препаратов на здоровую кожу образуется эритема, волдыри и, наконец, изъязвления. Лучи радия весьма вредно влияют на функции семенного аппарата, селезенку и т. д. С другой стороны, обратили внимание на терапевтическое действие самих радиоактивных солей и их эманаций. Почти все целебные минеральные воды (карлсбадские, наугеймские и другие), а также многие грязи оказались радиоактивными и содержащими в большом количестве эманацию; полагают, что этим свойством и объясняется их целебность. Приготавливают также искусственно радиоактивную воду, насыщая ее эманацией. Препаратами радиоактивных веществ пользуются и при лечении некоторых опухолей.

Печатно

Э. ЛЕХЕР

КУРС ФИЗИКИ

ДЛЯ МЕДИКОВ И БИОЛОГОВ

Перевод с 4-го немецкого издания

Под редакцией Э. В. Шпольского

С 510 рис. в тексте

Стр. 546.

Ц. 5 р. 50 к.

Перевод сделан с последнего немецкого издания. Качества этой книги — ее полнота и сжатость, ее не внешнее только, но внутреннее применение к интересам биологов и медиков, — обеспечившие ей успех в Германии и гарантирующие такой же успех и у нас — отмечены с полной ясностью в предисловии редактора русского издания. Остается только присоединиться к высокой оценке, данной ей в этом предисловии... Перевод и редакция сделаны тщательно. Рисунки и внешность книги хорошие. («Успехи физических наук», 1927, VIII, вып. 3 — 4.)

★

Проф. Я. С. ПРЖЕБОРОВСКИЙ

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИЧЕСКУЮ И КОЛЛОИДНУЮ ХИМИЮ

ДЛЯ МЕДИКОВ И БИОЛОГОВ

Стр. 469.

Ц. 5 р., в пер. 5 р. 40 к.

Краткое изложение основных отделов физической и коллоидной химии, приспособленное к нуждам медиков и биологов. обстоятельно разработан отдел задач, составленный по наиболее выдающимся оригинальным исследованиям разных авторов, что делает книгу весьма ценным пособием при лабораторном и семинарском прохождении курса.

ПРОДАЖА ВО ВСЕХ МАГАЗИНАХ И КИОСКАХ ГОСИЗДАТА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО РСФСР
МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

РУКОВОДСТВА И ПОСОБИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ
ТЕХНИКУМОВ

Я. М. Аскнази

АКУШЕРСТВО И ГИНЕКОЛОГИЯ

Допущено ГУСом

Стр. 307.

Ц. 2 р. 85 к., в пер. 3 р. 20 к.

★

А. П. Великорецкий

ВВЕДЕНИЕ К УХОДУ ЗА ХИРУРГИЧЕСКИМИ
БОЛЬНЫМИ И УЧЕНИЕ О ПОВЯЗКАХ

Стр. 174.

Ц. 1 р. 65 к., в пер. 1 р. 90 к.

★

М. И. Дерезицкий

КРАТКИЙ КУРС СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Под редакцией проф. А. В. Молякова

Стр. 96.

Ц. 85 к., в пер. 1 р. 10 к.

★

Проф. П. И. Дьяконов

КРАТКИЙ КУРС АНАТОМИИ И ФИЗИОЛОГИИ
ЧЕЛОВЕКА

Стр. XV, 298.

Ц. 2 р. 75 к., в пер. 3 р.

★

Ф. А. Коган и И. Н. Олесов

КОЖНЫЕ И ВЕНЕРИЧЕСКИЕ БОЛЕЗНИ

Под ред. и с предисл. проф. Г. И. Мещерского

Допущено ГУСом

Стр. 152.

Ц. 1 р. 35 к., в пер. 1 р. 60 к.

★

В. И. Кристман

УХОД ПРИ ВНУТРЕННИХ БОЛЕЗНЯХ

Допущено ГУСом

Стр. 206.

Ц. 1 р. 75 к., в пер. 2 р.

ПРОДАЖА ВО ВСЕХ МАГАЗИНАХ И КИОСКАХ ГОСИЗДАТА

переплет 25 к.

RLST



0000000534363

Депозитарий