

А. Хиселевъ.

*Министерство*  
53  
К-44.

ЭЛЕМЕНТАРНАЯ

# ФИЗИКА

ДЛЯ СРЕДНИХЪ УЧЕБНЫХЪ ЗАВЕДЕНІЙ

СО МНОГИМИ УПРАЖНЕНІЯМИ и ЗАДАЧАМИ; въ ДВУХЪ ВЫПУСКАХЪ.

ПРОВЕРЕНО  
1949 г.

Выпускъ I, II кн.

ПРОВЕРЕНО  
1949 г.

(Введение, Основные свѣдѣнія изъ механики, Тяжесть, Жидкости, Газы, Теплота).

ПРОВЕРЕНО  
20 16 г.

ПРОВЕРЕНО 1948 г.

*№ 2011 г.*

ИЗДАНИЕ КНИЖНАГО МАГАЗИНА  
В. В. ДУМНОВА.  
подъ фирмою  
„НАСЛѢДНИКИ БР. САЛАЕВЫХЪ“.

*46*

ПРОВЕРЕНО  
1939 г.

Библиотека  
Красноярского  
Гос. Педагогического Института  
№ 89653.

Цена за оба выпуска 10 руб.

МОСКВА.

Типо-литографія А. В. Васильева и К<sup>о</sup>, Петровка, д. Обицкой.  
1902.

## ПРЕДИСЛОВІЕ.

При составленіи предлагаемой „Элементарной физики“ авторъ ставилъ себѣ въ общемъ слѣдующія цѣли:

1<sup>о</sup>, сокращеніе учебнаго матеріала въ соотвѣтствіи съ указаніями Особой Комиссіи, работавшей при Уч. Ком. М. Н. Пр. по вопросу объ учебникахъ физики;

2<sup>о</sup>, согласіе съ современными научными данными;

3<sup>о</sup>, краткость, точность и простоту изложенія;

4<sup>о</sup>, иллюстрацію его вездѣ, гдѣ нужно, отчетливо исполненными рисунками и наглядными схематическими чертежами,

и 5<sup>о</sup>, снабженіе учебника достаточнымъ количествомъ задачъ и упражненій, при помощи которыхъ, при желаніи, учитель могъ бы упрочить, углубить и даже отчасти расширить познанія ученика, вынесенныя имъ изъ классныхъ уроковъ, и которыя могли бы служить матеріаломъ для самостоятельныхъ занятій любознательнаго ученика.

Главнѣйшія изъ задачъ помѣщены въ самомъ текстѣ учебника, конечно, съ рѣшеніемъ ихъ; большое количество задачъ и упражненій помѣщено въ приложеніяхъ послѣ тѣхъ главъ, которыя, по характеру своему, могутъ быть снабжены упражненіями, при чемъ наиболѣе важныя или наиболѣе трудныя задачи рѣшены подробно, другія снабжены только указаніями и третьи—большинство—даны безъ рѣшеній и указаній. Отвѣты на эти задачи и упражненія помѣщены въ началѣ книги, послѣ оглавленія.

Въ какой мѣрѣ предлагаемый учебникъ достигаетъ указанныхъ цѣлей, покажетъ будущее.

Помимо этого общаго характера, считаемъ не лишнимъ указать (въ порядкѣ расположенія главъ учебника) нѣкоторыя частныя его особенности.

Чтобы сохранить въ послѣдующемъ болѣшую систематичность и, такъ сказать, сконцентрированность изложенія, мы помѣстили въ самомъ началѣ курса, во „Введеніи“, ознакомленіе



съ метрическими мѣрами протяженія и вѣса, термометрическими шкалами, съ понятіемъ о массѣ и плотности, при чемъ понятіе о массѣ дано лишь наиболѣе элементарное, какъ о количествѣ вещества, предполагаемомъ пропорціональнымъ вѣсу тѣла.

Второй законъ движенія мы не сочли удобнымъ въ элементарномъ учебникѣ высказать такъ, какъ онъ былъ выраженъ Ньютономъ, а указали только одну, наиболѣе простую, сторону этого закона (стр. 25), а именно: „дѣйствіе силы на тѣло не зависитъ отъ состоянія покоя или движенія этого тѣла“. Въ этомъ видѣ законъ доступенъ пониманію учащихся, такъ какъ онъ можетъ быть иллюстрированъ многими наблюдаемыми явлениями и вразумительно объясненъ на основаніи закона инерціи. Другая сторона закона, независимость дѣйствія силы отъ присутствія другихъ силъ, нами не упомянута совсѣмъ, такъ какъ многолѣтній опытъ показалъ намъ, что на той ступени развитія, на которой стоятъ ученики, начинающіе физику, эта форма закона ими не можетъ быть достаточно ясно усвоена.

Съ цѣлью нагляднаго представленія описываемаго явления, а также и для облегченія запоминанія его подробностей, мы сочли полезнымъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ помѣстить схематическіе чертежи; таковы, напр., чертежи при изложеніи способа двойного взвѣшиванія (стр. 58), нахождения удѣльнаго вѣса помощью гидростатическихъ вѣсовъ (стр. 75) и др.

Въ главѣ объ удѣльномъ вѣсѣ и плотности мы сочли нужнымъ обратить особое вниманіе на уясненіе соотношенія между этими понятіями (стр. 72).

Передъ выраженіемъ закона Архимеда въ общепринятой формѣ разъяснено, что „равнодѣйствующая всѣхъ давленій, которыя жидкость производитъ на погруженное въ нее тѣло, 1<sup>о</sup>, равна вѣсу вытѣсненной тѣломъ жидкости, 2<sup>о</sup>, направлена вертикально снизу вверхъ и 3<sup>о</sup>, проходитъ черезъ центръ тяжести вытѣсненнаго объема жидкости“ (стр. 67). Это равнодѣйствующее давленіе названо „выталкивающей силою“ (la poussée— у французовъ, der Auftrieb— у нѣмцевъ).

Опытное доказательство закона Архимеда изложено помощью прибора М. Bourgaux (стр. 69), примѣнимаго къ твердому тѣлу произвольной формы.

Чтобы болѣе сконцентрировать вниманіе учащагося, изъ различныхъ выраженій закона Бойля-Мариотта въ началѣ изложенія указано только одно (зависимость объема газа отъ внѣшняго давленія), и только по уясненіи вполнѣ этой зависимости изложены и другія выраженія (стр. 97).



Разсматривая расширение газовъ при нагрѣваніи, мы не указываемъ различія между термическимъ коэффициентомъ объема и термическимъ коэффициентомъ упругости и даже не употребляемъ этихъ терминовъ, ограничиваясь лишь однимъ „коэффициентомъ расширения“ газовъ. Въ самомъ дѣлѣ, въ элементарномъ учебникѣ не приходится сколько-нибудь подробно разсматривать отступленія отъ закона Бойля-Мариотта, а если его предположить вѣрнымъ, то упомянутое различіе не имѣетъ значенія, а потому указаніе на него учащимся только бесполезно усложнило бы изложеніе.

Не желая отступать отъ общепринятой у насъ терминологіи, мы не указываемъ различія между понятіями: „удѣльная теплота“ и „теплоемкость“, хотя было бы, кажется, удобнѣе относить первое понятіе къ единицѣ массы, а второе къ массѣ всего тѣла. Изъ способовъ опредѣленія теплоемкости указанъ только одинъ—смѣшеніе.

О плотности водяного пара дается только краткое понятіе и указывается численная величина ея (для руководства при рѣшеніи нѣкоторыхъ задачъ), способъ же ея нахождения опущенъ.

Понятіе о паровой машинѣ изложено только въ самыхъ существенныхъ чертахъ.

Статья о звукѣ изложена нами ранѣе статьи о свѣтѣ, такъ какъ, давая общее понятіе о волнообразномъ колебаніи ээира, приходится иногда ссылаться на аналогію между свѣтовыми и звуковыми явленіями.

Для опредѣленія числа колебаній звучащаго тѣла указанъ только графическій способъ, какъ наиболѣе простой и наглядный.

Изъ фотометровъ указанъ только простѣйшій—Румфорда.

Въ главахъ объ отраженіи и преломленіи свѣта особо подчеркнута свойство *обратимости* каждаго изъ этихъ явленій.

При разъясненіи процесса полученія изображеній въ двухъ плоскихъ зеркалахъ установлено (стр. 36-я второго выпуска), что „мнимое изображеніе точки въ одномъ зеркалѣ отражается въ другомъ зеркалѣ такъ, какъ если бы это изображеніе было дѣйствительной свѣтящейся точкой“. При помощи этого положенія легко затѣмъ объясняется полученіе изображеній въ зеркалахъ, поставленныхъ подъ угломъ или расположенныхъ параллельно.

Уравненіе сопряженныхъ фокусовъ доказано только для зеркалъ, а для стеколъ оно дано безъ доказательства (по причинѣ его сложности).

Выраженіе „относительный показатель преломленія“ замѣнено болѣе точнымъ: „показатель преломленія одной среды относительно другой среды“.



Перемѣщеніе фокуса въ зависимости отъ перемѣщенія свѣтящейся точки, какъ въ сферическихъ зеркалахъ, такъ и въ стеклахъ (стр. 41-я и 58-я второго выпуска), рассмотрѣно при помощи чертежей, что значительно нагляднѣе и болѣе хорошо усваивается учащимися, чѣмъ выводъ чисто аналитическій изъ уравненія сопряженныхъ фокусовъ.

При объясненіи полного внутренняго отраженія (стр. 50-я) уголъ паденія луча въ срединѣ болѣе преломляющей, при которомъ уголъ преломленія въ срединѣ менѣе преломляющей равенъ  $90^\circ$ , названъ „предѣльнымъ угломъ первой средины относительно второй“, а не предѣльнымъ угломъ *преломленія* и не предѣльнымъ угломъ *паденія*, такъ какъ, съ одной стороны, это уголъ паденія (разсматривается переходъ изъ средины болѣе преломляющей въ средину менѣе преломляющую), а съ другой стороны *предѣломъ* для угла паденія служить прямой уголъ, а не тотъ острый, который разсматривается.

Явленіе прохождения луча черезъ средины, ограниченныя параллельными плоскостями (стр. 52-я), мы выразили (согласно *курсу физики О. Д. Хвольсона*, т. II, стр. 198) словами: „если лучъ идетъ черезъ рядъ срединъ, разграниченныхъ параллельными плоскостями, и если первая и послѣдняя средины одинаковы, то направленіе луча въ послѣдней срединѣ.....“, при чемъ въ текстѣ явленіе разъяснено только для трехъ срединъ (воздухъ, стекло, воздухъ), а въ упражненіяхъ желающимъ указывается доказательство этого явленія для 4-хъ срединъ.

Такъ называемыя „уравненія призмы“ отнесены нами, какъ не обязательныя, къ упражненіямъ (стр. 55, упражн. 139).

Существованіе оптическаго центра въ сферическихъ стеклахъ доказано только опытнымъ путемъ (стр. 60).

Для сокращенія изложенія сферическая аберрація въ зеркалахъ и стеклахъ изложена совмѣстно (стр. 62).

Терминъ „*свѣторазсыпаніе*“ (дисперсія), для избѣжанія смѣшенія съ явленіемъ *разсыпанія свѣта* (диффузіи), мы замѣнили другимъ „свѣторазложеніе“.

Къ книгѣ приложенъ раскрашенный рисунокъ спектровъ трехъ родовъ.

О хроматической аберраціи и ахроматическомъ стеклѣ дано лишь самое общее понятіе (стр. 67).

Сужденіе о разстояніи и величинѣ видимыхъ предметовъ, по трудности этой статьи для пониманія учениковъ (вслѣдствіе ея *психологическаго* характера), выпущено нами изъ учебника (какъ это дѣлается въ иностранныхъ руководствахъ).



Разстояніе наилучшаго зрѣнія различено отъ наименьшаго разстоянія яснаго видѣнія (стр. 77 и 78).

Въ отдѣлѣ „Магнетизмъ“ выпущена гипотеза „молекулярныхъ магнитовъ“, а о земномъ магнетизмѣ изложено кратко.

Выпущено описаніе и объясненіе электрофорной машины.

При изложеніи „электризованія черезъ вліяніе“ разсмотрѣны особо два случая (стр. 116): 1<sup>о</sup>, когда проводникъ окружаетъ наэлектризованное тѣло со всѣхъ сторонъ и 2<sup>о</sup>, когда вблизи наэлектризованнаго тѣла находится проводникъ, не окружающій его со всѣхъ сторонъ.

Явленіе конденсаціи объяснено (стр. 128) на основаніи положенія, доказываемаго опытомъ, что потенциалъ наэлектризованнаго проводника уменьшается, а его емкость увеличивается, если вблизи него находится другой проводникъ, особенно соединенный съ землей.

Главнѣйшія свойства гидро-электрическаго элемента разсмотрѣны на типѣ мѣдно-цинковаго элемента, при чемъ изложеніе мѣстами ведется по *Б. Ю. Колбе* (Введеніе въ ученіе объ электричествѣ, С.-П. 1896 г.).

Единица силы тока опредѣляется (стр. 147) на основаніи явленія электролиза, послѣ чего, при помощи этой единицы и единицы сопротивленія, возможно было точно опредѣлить единицу электродвижущей силы (стр. 157).

Послѣ законовъ  $v = v_0 \pm at$ ,  $e = v_0 t \pm \frac{1}{2} at^2$  выведено уравненіе  $v^2 = v_0^2 \pm 2ae$  (стр. 200), такъ какъ въ этомъ видѣ формула хороша для доказательства уравненія живыхъ силъ:  $W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ .

Основаніемъ для вывода соотношеній между массою, силою и ускореніемъ поставленъ опытъ надъ паденіемъ тѣлъ въ пустотѣ, а не Атвудова машина, которая, вслѣдствіе неудовлетворительнаго ея состоянія во многихъ нашихъ физическихъ кабинетахъ, не даетъ возможности сколько-нибудь точно судить о величинѣ ускоренія въ зависимости отъ массы и силы.

Въ главѣ о центробѣжной и центробѣжной силахъ (въ согласіи съ *курсомъ физики П. А. Зилова*, 1-й выпускъ, стр. 49) первенствующее значеніе придано первой изъ этихъ силъ и ею главнымъ образомъ объясняются опыты съ центробѣжной машиной, а также и измѣненіе вѣса отъ суточного вращенія земли. Въ самомъ дѣлѣ, въ краткомъ элементарномъ учебникѣ физики было бы неудобно вводить понятіе о *фиктивной* центробѣжной силѣ, какъ это возможно дѣлать въ спеціальныхъ кур-

сахъ механики, *реальная* же центробѣжная сила, будучи приложена не къ тѣлу, вращающемуся по окружности, а къ тѣлу, изъ котораго исходить центростремительная сила, имѣеть сравнительно малое значеніе.

Изложеніе о физическомъ маятникѣ (стр. 222) значительно упрощено, при чемъ указанъ весьма простой опытъ для демонстраціи существованія центра качанія. Обратный маятникъ выпущень.

При изложеніи рычага въ томъ случаѣ, когда на него дѣйствуютъ сходящіяся силы, мы не различаемъ рычаговъ 1-го и 2-го рода, такъ какъ такое различеніе, какъ объяснено нами въ замѣчаніи къ § 394, имѣеть значеніе только въ случаѣ параллельныхъ силъ.

Въ главѣ объ ударѣ шаровъ мы не излагаемъ вывода формулы удара совершенно упругихъ шаровъ, частью вслѣдствіе сложности вывода, частью вслѣдствіе нѣкоторой натяжки въ доказательствѣ, если не основываться на законѣ сохраненія энергіи. Мы ограничиваемся опытнымъ доказательствомъ положенія, что упругіе шары равной массы при соудареніи мѣняются скоростями.

Для удобства обращенія съ книгою она издана въ двухъ выпускахъ. Казалось бы еще удобнѣе раздѣлить ее на три выпуска соотвѣтственно курсу каждаго изъ трехъ классовъ, въ которыхъ проходитъ физика; но такое дѣленіе возможно выполнить только впоследствии, когда будетъ окончательно установлена программа физики въ среднихъ учебныхъ заведеніяхъ.



## Списокъ пособій,

которыя авторъ пользовался при составленіи „**Элементарной физики**“.

- О. Д. Хвольсонъ.**—Курсъ физики, томы: I (1897), II (1898) и III (1899).  
 „ —Краткій курсъ физики для медиковъ, естество-  
 никовъ и техникувъ, ч. 1-я, 1900.
- И. И. Боргманъ.**—Магнитный потокъ и его дѣйствія, 1900.  
 „ —Основанія ученія объ электричествѣ и магнит-  
 ныхъ явленіяхъ, 1897.
- П. А. Зилловъ.**—Курсъ физики, изд. 2-е, 1897.
- Н. Н. Шиллеръ.**—Основанія физики, ч. 1-я, 1884.
- Н. А. Гезехусъ.**—Основы электричества и магнетизма, 1900.
- П. П. Фанъ-деръ-Флитъ.**—Введеніе въ механику, 1886.
- Ж. Жуберъ.**—Основы ученія объ электричествѣ, 1889.
- Д. А. Лачиновъ.**—Основанія метеорологіи и климатологіи, 1895.
- Б. Ю. Кольбе.**—Введеніе въ ученіе объ электричествѣ, 1893—1896.  
 Энциклопедическій словарь Брокгауза и Ефрона.
- H. Pellat.**—Cours de Physique, 1883.
- A. Angot.**—Traité de physique élémentaire, 1884.
- Brisse et André.**—Nouveau Cours de physique, 1886.
- Banet-Rivet.**—Cours de physique, 1893.
- A. Ganot-Maneuvrier.**—Traité élém. de physique, 21 éd. 1894.
- E. Carvallo.**—Traité de mécanique, 1893.
- G. Maneuvrier.**—Traité élém. de mécanique, 1896.
- Ch. Fabry.**—Leçons élém. d'acoustique et d'optique, 1898.
- Boutan et d'Almeida.**—Cours élém. de physique, 1884.
- H. Gossin.**—Cours de physique, 3-e éd, 1884.
- I. Basin.**—Leçons de physique, 1898, 1899, 1901.
- Margat-L'Huillier.**—Leçons de chimie, 1900.
- Banet-Rivet.**—Problèmes de physique et de chimie, 1895.
- E. Bouant.**—Problèmes de baccalaureat, 1898.
- Müller.**—Lehrbuch der Physik.
- Lommel.**—Lehrbuch der Exp.-physik., 1896.
- Weinhold.**—Vorschule der Exp.-physik, 1897.
- G. Krebs.**—Lehrbuch der Physik, 1898.
- Jordan.**—Grundris der Physik, 1898.
- Wiedemann und Ebert.**—Physikalisches Practicum, 1899.
- Baenitz.**—Leitfaden für den Unterricht in der Physik, 1899.
- H. Börner.**—Vorschule der Exp.-physik, 1896.  
 „ —Grundris der Physik, 1896.  
 „ —Leitfaden der Physik, 1897.  
 „ —Lehrbuch der Physik, 1898.
- Ad. Stückhardt.**—Schule der Chemie, 1900  
 и другія.



## Оглавление первого выпуска.

Числа въ текстѣ означаютъ нумерацію параграфовъ (звѣздочка указываетъ мелкій шрифтъ).

Предисловіе, стр. III. Оглавление, стр. XI.

### ВВЕДЕНІЕ.

Стран.

#### *I. Мѣры протяженія, температуры, вѣса и массы.*

1, Метрическая система мѣръ протяженія. 2, Элементарное понятіе о термометрахъ. 3, Переводъ показаній съ одной шкалы на другую. 4, Мѣры вѣса. 5, Масса. 6, Плотность. Упражненія . . . . . 1—7

#### *II. Вещество и его главнѣйшія свойства.*

7, Вещество или матерія. 8, Три состоянія тѣлъ. 9, Сложныя и простыя тѣла. 10, Явленіе физическое и химическое. 11, Наблюденіе и опытъ. 12, Дѣлимость. 13, Сжимаемость и расширяемость. 14, Сквашность. 15, Упругость. 16, Сдѣвленіе. 17, Молекулы. 18, Атомы. . . . . 8—15

### Основные свѣдѣнія изъ механики.

#### *I. О движеніи и силахъ.*

19, Движеніе. 20, Различныя роды движенія. 21, Скорость равномернаго движенія. 22, Законъ равномернаго движенія. Упражненія. 23, Понятіе о сложении движеній. 24, Сложеніе двухъ прямолинейныхъ равномерныхъ движеній. 25, Сложеніе скоростей. 26, Два частныя случая сложения скоростей. 27, Разложеніе даннаго движенія или данной скорости. Упражненія. 28, Законъ инерціи. 29, Силы и ихъ дѣйствіе. 30, Законъ относительнаго движенія. 31, Законъ равенства между дѣйствіемъ и противодѣйствіемъ. 32, Измѣреніе силы вѣсовыми единицами. 33, Изображеніе силы на чертѣжѣ. 34, Сопротивленіе движенію (треніе). . . . . 16—28

#### *II. Сложеніе силъ.*

35, неизмѣняемое твердое тѣло. 36, Равновѣсіе силъ. 37, Равнодѣйствующая сила. 38, Сложеніе силъ, приложенныхъ къ одной точкѣ тѣла. 39, Сложеніе трехъ и болѣе силъ, приложенныхъ къ одной точкѣ. 40, Разложеніе силы. 41, Перенесеніе силы по ея направленію. 42, Сложеніе двухъ параллельныхъ силъ, дѣйствующихъ въ одну сторону. 43, Опытное дока-



зательство. 44, Разложеніе одной силы на двѣ параллельныя. 45, Сложеніе двухъ параллельныхъ силъ, дѣйствующихъ въ противоположныя стороны. 46, Пара силъ. 47, Сложеніе трехъ и болѣе параллельныхъ силъ. 48, Центръ параллельныхъ силъ. 49, Понятіе о прямолинейномъ рычагѣ. 50, Повѣрка на опытѣ. 51, Примѣненія рычага. Упражнения. . . . . 29—43

### III. Тяжесть.

52, Отвѣсная линія. 53, Горизонтальная линія. Ватерпасъ. Уровень. 54, Направленіе тяжести. 55, Понятіе о тяготѣи тѣлъ. 56, Взаимное наклоненіе отвѣсныхъ линій. 57, Центръ тяжести и его свойство. 58, Центръ тяжести нѣкоторыхъ тѣлъ простой формы. 59, Три рода равновѣсія тѣла, находящагося подъ дѣйствіемъ силы тяжести. 60, Равновѣсіе твердаго тѣла, у котораго одна точка укрѣплена неподвижно. 61, Нахожденіе центра тяжести опытнымъ путемъ. 62, Равновѣсіе твердаго тѣла, поставленнаго на горизонтальную плоскость. 63, Примѣненія. 64, Понятіе о паденіи тѣла. Упражнения. . . . . 44—55

### IV. Обыкновенныя вѣсы.

65, Устройство. 66, Вѣрность и чувствительность вѣсовъ. 67, Способъ двойного взвѣшиванія. . . . . 56—58

## Жидкости.

### I. Основныя гидростатическія явленія.

68, Понятіе о гидростатикѣ. 69, Сжимаемость [жидкостей]. 70, Поверхность жидкости въ спокойномъ состояніи. 71, Законъ Паскаля. 72, Понятіе о гидравлическомъ прессѣ. 73, Давленіе жидкости на дно сосуда. 74\*, Объясненіе этого явленія. 75, Давленіе жидкости на боковыя стѣнки сосуда. 76, Сегнерово колесо. 77, Сообщающіеся сосуды. 78, Давленіе жидкости на тѣло, погруженное въ нее. 79, Законъ Архимеда. 80, Три рода явленій при погруженіи тѣла въ жидкость. 81, Равновѣсіе плавающего тѣла. Упражнения. . . . . 59—71

### II. Удельный вѣсъ и плотность тѣлъ.

82, Опредѣленіе. 83, Соотношеніе между плотностью и удѣльнымъ вѣсомъ. 84, Нахожденіе удѣльнаго вѣса помощью флакона. 85, Нахожденіе уд. вѣса помощью гидростатическихъ вѣсовъ. 86, Ареометры. 87, Таблица плотностей нѣкоторыхъ веществъ (въ круглыхъ числахъ). Упражнения. 72—77

### III. Нѣкоторыя молекулярныя явленія въ жидкостяхъ.

88, Три рода силъ, дѣйствующихъ на жидкость. 89, Опытъ Плато. 90, Смачиваніе и несмачиваніе. 91, Менискъ. 92, Волосность. 93, Объясненіе нѣкоторыхъ явленій. 94\*, Поверхностное натяженіе. 95, Смѣшивающіяся и несмѣшивающіяся жидкости. Диффузія. 96, Осмосъ. . . . . 78—84



## Г а з ы.

### I. Давленіе атмосферы.

Стран.

- 97, Общее понятіе о газахъ. 98, Вѣсъ воздуха. 99, Давленіе атмосферы. 100, Опытъ Торричелли. 101, Ртутные барометры. 102, Металлическій барометръ Бурдона. 103, Давленіе атмосферы на единицу площади. 104, Опредѣленіе высоты мѣстности помощью барометра. 105, Водяные насосы. 106, Сифонъ. 107, Пипетка и ливерьъ. . . . . 85—93

### II. Законъ Бойля-Мариотта.

- 108, Упругость газа и вѣдшее давленіе. 109, Законъ Бойля-Мариотта. 110, Другія выраженія того же закона. Упражненія. . . . . 94—98

### III. Воздушные насосы и манометры.

- 111, Воздушный насосъ. 112, Степень развѣженія. 113\*, Понятіе о ртутномъ насосѣ. 114, Нѣкоторые опыты съ воздушнымъ насосомъ. 115, Нагнетательный насосъ. 115\*, а, Нѣкоторыя примѣненія сжатого воздуха. 116, Манометры. Упражненія. . . . . 99—106

### IV. Потеря въ вѣсъ тѣлъ, находящихся въ газовой средѣ.

- 117, Законъ Архимеда въ приложеніи къ газамъ. 118, Аэростаты. Упражненія. . . . . 107—109

### V. Смѣсь газовъ.

- 119, Диффузія газовъ. 120, Законъ Дальтона. Упражненія. . . . . 110—111

## Т е п л о т а.

### I. Предварительныя свѣдѣнія.

- 121, Гипотезы о теплотѣ. 122, Начальныя свѣдѣнія о расширеніи тѣлъ при нагрѣваніи. . . . . 112—114

### II. Измѣреніе температуры.

- 123, Понятіе о температурѣ. 124, Термометры. 125\*, Понятіе о наполненіи стеклянной оболочки ртутью. 126\*, Перемѣщеніе постоянныхъ точекъ. . . . . 114—117



### III. Расширеніе тѣлъ при нагрѣваніи.

Стран.

127, Предварительныя понятія. 128, Коэффициентъ расширенія. 129, Зависимость между коэффициентами линейнаго и кубическаго расширеній. 130, Формулы длины, объема и плотности. 131, Нѣкоторыя явленія, объясняемыя расширеніемъ твердыхъ тѣлъ при нагрѣваніи. 132, Нахождение коэффициента расширенія ртути по способу Дюлонга и Пти. 133, Видимое и истинное расширеніе жидкости. 134, Наибольшая плотность воды. 135, Законъ Ге-Люсака. 136, Уравненіе совершенныхъ газовъ. 137\*, Понятіе объ абсолютномъ нулѣ температуры. 138\*, Газовый термометръ. Упражненія. 118—131

### IV. Распространеніе теплоты.

139, Понятіе. 140, Переносъ теплоты. 141, Теплопроводность. 142, Лучеиспусканіе. 143, Объясненіе нѣкоторыхъ явленій. . . . . 132—134

### V. Измѣреніе количества теплоты (калориметрія).

144, Понятіе о количествѣ теплоты. 145, Единица количества теплоты. 146, Задача о температурѣ смѣси. 147, Теплоемкость. 148, Задача. 149, Нахождение теплоемкости твердыхъ и жидкихъ веществъ. 150, Результаты изслѣдованій. 151, Теплоемкость газовъ. Упражненія. . . . . 135—140

### VI. Плавленіе и отвердѣваніе.

152, Плавленіе. 153, Отвердѣваніе. 154, Переохлажденіе жидкости. 155, Измѣненіе объема тѣлъ при плавленіи или отвердѣваніи. 156, Вліяніе давленія на температуру плавленія. 157, Скрытая теплота плавленія. 158, Охладительныя смѣси. Упражненія . . . . . 141—146

### VII. Свойства паровъ.

159, Парь, насыщающій и ненасыщающій пространство. 160, Свойства насыщающаго пара. 161, Свойства ненасыщающаго пара. 162, Нахождение упругости водяного пара, насыщающаго пространство при разныхъ температурахъ. 163, Результатъ изслѣдованій. 164, Плотность водяного пара. 165, Законъ Дальтона. 166, Задача. . . . . 147—153

### VIII. Парообразованіе.

167, Испареніе. 168, Кипѣніе. 169, Вліяніе давленія. 170, Вліяніе вещества сосуда и растворенныхъ въ жидкости газовъ и солей. 171, Скрытая теплота парообразованія. 172, Охлажденіе при испареніи. 173, Понятіе о сжиженіи газовъ. 174, Понятіе о паровой машинѣ. Упражненія. . . 154—164

### IX. Измѣреніе влажности воздуха.

175, Понятіе. 176, Нахождение относительной влажности. 177, Нахождение абсолютной влажности. Упражненія . . . . . 165—169

Снѣжный покровъ, представляя собою очень плохой проводникъ тепла, предохраняетъ землю отъ большого охлажденія.

**Градъ** выпадаетъ иногда въ видѣ **крупинокъ**, состоящихъ изъ уплотненнаго снѣга, иногда же въ видѣ **градинъ**, состоящихъ изъ прозрачнаго ледя-

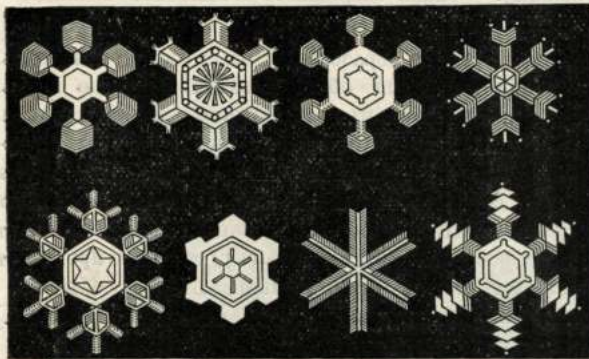


Рис. 493.

ного ядра, покрытаго нѣсколькими слоями полупрозрачной ледяной оболочки. Форма градинъ и ихъ величина очень разнообразны. Наблюдали градины, вѣсящія болѣе 10 фунтовъ. Градъ часто бываетъ губителенъ для растительности, а крупный градъ убиваетъ домашнюю птицу и мелкихъ животныхъ. Удовлетворительнаго объясненія образованія града

до сего времени не найдено.

Если послѣ мороза на охлажденную почву начинаетъ падать дождь, то онъ замерзаетъ, образуя прозрачную ледяную кору, подъ тяжестью которой иногда ломаются сухія деревья, разрываются телеграфныя проволоки и пр. Такое явленіе наз. **гололедеицей**. Она происходитъ также и тогда, когда капли дождя падаютъ въ **переохлажденномъ состояніи** (ниже  $0^{\circ}$ ); ударяясь въ твердые предметы, такія капли мгновенно замерзаютъ.

#### 4°. Атмосферное электричество.

462. **Общее понятіе.** Еще во второй половинѣ XVIII столѣтія было доказано, что явленіе молніи и грома вполне аналогично электрической искрѣ и треску, производимому ею. Особенно извѣстны въ этомъ отношеніи опыты **Веніамина Франклина** въ Филадельфій. Онъ добывалъ атмосферное электричество (въ 1752 г.) посредствомъ змѣи, сдѣланнаго изъ шелковой матеріи, натянутаго на рамку, снабженную металлическимъ остриемъ. Къ концу шнурка, на которомъ пускался змѣй, привязывалась шелковая лента, удерживаемая рукою наблюдателя. Когда во время грозы шнурокъ намокъ отъ дождя и вслѣдствіе этого дѣлался проводникомъ электричества, волокна на его нижнемъ концѣ топорщились, и изъ шнурка можно было извлекать рядъ электрическихъ искръ. Пробовали также извлекать атмосферное электричество посредствомъ вертикально поставленнаго желѣзнаго заостреннаго на верху шеста. Въ Петербургѣ профессоръ **Рихманъ** даже сдѣлалъ жертвою подобнаго опыта: онъ былъ убитъ (1753 г.) искрою, перескочившею въ него во время грозы изъ нижняго конца шеста, проведеннаго черезъ крышу дома въ кабинетъ ученаго.

Другими опытами обнаружено было, что въ атмосферѣ электричество находится не только во время грозы, но и въ ясную погоду. Если, напр., на открытомъ мѣстѣ помѣстить электроскопъ съ листочками, у котораго шарикъ



замѣненъ длиннымъ вертикальнымъ заостреннымъ наверху стержнемъ (рис. 494), то листочки электроскопа всегда оказываются отклоненными, и по величинѣ угла ихъ расхожденія можно судить объ электрическомъ потенциалѣ воздуха въ томъ мѣстѣ, гдѣ кончается острѣе стержня. Оказывается, что въ ясную погоду атмосферное электричество положительно, и потенциалъ его увеличивается почти пропорціонально высотѣ надъ почвою и часто зависитъ отъ формы земной поверхности въ мѣстѣ наблюденія. Въ пасмурную погоду атмосфера иногда оказывается заряженною отрицательно, особенно если по соседству падаетъ дождь, снѣгъ или градъ. Но такія явленія должно разсматривать, какъ временныя нарушенія электрическаго равновѣсія въ атмосферѣ. Въ общемъ электрическія явленія въ атмосферѣ надо разсматривать, какъ явленія индукціи, происходящія такъ, какъ будто земля была заряжена отрицательно, или верхніе слои атмосферы — положительно.

Причины возникновенія атмосфернаго электричества и возмущеній въ распредѣленіи его еще не вполне выяснены; весьма вѣроятно, что этихъ причинъ существуетъ нѣсколько; таковы, напр., химическія реакціи, постоянно происходящія въ почвѣ и въ воздухѣ, треніе другъ о друга массъ воздуха и воды объ землю, испареніе, сжигеніе паровъ и т. п.



Рис. 494.

**463. Гроза.** Явленіе грозы надо разсматривать, какъ возмущеніе въ нормальномъ распредѣленіи атмосфернаго электричества. Гроза начинается обыкновенно послѣ продолжительнаго и сильнаго зноя. Въ атмосферѣ образуются густыя темныя облака, **грозовыя тучи** (на небольшой сравнительно высотѣ, въ среднемъ до 1500 м.), оказывающіяся заряженными иногда отрицательно, иногда положительно, а иногда — въ серединѣ отрицательно, а по краямъ положительно.

**Молнія** есть электрическій разрядъ между двумя противоположно назлектризованными облаками, или между частями одного и того же облака, или же, наконецъ, между облакомъ и землей. Одновременно съ молніей происходитъ **громъ**, который по причинѣ сравнительно медленнаго распространія звука мы слышимъ всегда черезъ нѣкоторый промежутокъ послѣ появленія молніи. Раскаты грома объясняются частью неправильнымъ видомъ молвіи и ея большою длиною (доходитъ иногда до 10 км.), частью интерференціей звука и его отраженіемъ. Обыкновенная молнія имѣетъ видъ блестящей, неправильно изогнутой линіи, дающей иногда отъ себя многочисленныя отвѣтвленія. Ударяя въ земные предметы (преимущественно высокіе), такая молнія расщепляетъ деревья, разрушаетъ стѣны зданій, плавить и даже улетучиваетъ металлическія части, сивалветъ песокъ, образуя изъ него длинныя стеклообразныя трубки, называемыя **фульгуритами**, убиваетъ людей и животныхъ и т. п.

Иногда молнія производитъ свое дѣйствіе не прямымъ ударомъ, а косвенно, черезъ влияніе. Положимъ, напр., что большое грозовое облако, заряженное отрицательно, проходитъ недалеко отъ земныхъ предметовъ, напр., надъ стадомъ животныхъ; тогда оно сильно электризуетъ ихъ черезъ влияніе, заряжая положительнымъ электричествомъ (отрицательное уходитъ въ землю); если при этомъ отъ какой-нибудь части облака перескочитъ молнія (къ дру-



тому облаку или къ землѣ), то это облако быстро разряжается; тогда все положительное электричество, накопившееся въ животныхъ, становится сразу свободнымъ и уходитъ въ землю, отчего можетъ получиться столь сильное физиологическое дѣйствіе, что все стадо падаетъ мертвымъ. Такое дѣйствіе молніи наз. **возвратнымъ ударомъ**.

Кромѣ обыкновенной, **линейной** молніи наблюдается иногда еще два вида ея. **Расплывчатая молнія** имѣетъ видъ вспышки безъ опредѣленныхъ контуровъ и не сопровождаемая громомъ; эта молнія представляетъ собой **тихий разрядъ** между частями одного и того же облака; неопредѣленность ея формы объясняется полупроводимостью облака. Къ этому виду относятся и такъ называемыя **зарницы**. тихія молніи, на подобіе вспышки, видимыя иногда при удаленіи грозы на горизонтѣ (быть можетъ, эти вспышки представляютъ отраженія отъ облаковъ и атмосферы отдаленныхъ линейныхъ молній). Расплывчатая молнія не представляетъ опасности. Особенно страшна по своимъ дѣйствіямъ **шаровая молнія**, изрѣдка наблюдаемая во время грозы. Она представляетъ собою шаровидное тѣло (отъ величины яблока до арбуза), двигающееся настолько медленно, что за нимъ можно иногда послѣдовать, идя шагомъ. Черезъ нѣкоторое время послѣ появленія это тѣло разрывается съ страшнымъ трескомъ, при чемъ изъ него разлетаются по всѣмъ направленіямъ многочисленныя молніи, производящія страшныя опустошенія. Причины образования такой молніи еще не изслѣдованы.

Продолжительность молніи очень различна, но вообще не велика (отъ 1 миллионной секунды до цѣлой секунды).

Иногда во время грозы, особенно въ сильно влажномъ воздухѣ, наблюдаются въ темнотѣ такъ называемые **огни святаго Эльма**—свѣтлыя истечения, на подобіе кистей, изъ остреевъ различныхъ предметовъ (напр., изъ соломонокъ, изъ кончиковъ ушей лошади, изъ острыхъ вершинъ мачтъ и т. п.). Объясняется это явленіе дѣйствіемъ черезъ вліяніе электричества грозового облака.

**Сѣверныя сіянія**, появляющіяся въ полярныхъ странахъ почти каждую зимнюю ночь (и видимыя изрѣдка и въ нашихъ широтахъ), представляютъ собою особыя явленія атмосфернаго электричества, до сего времени не разъясненныя.

**464. Громоотводы.** Для защиты зданій отъ разрушительнаго дѣйствія молній, ихъ снабжаютъ **громоотводами**. Обыкновенный громоотводъ Франклина представляетъ собою металлическій пруть, оканчивающійся наверху остриемъ изъ мѣди, платины или угля. Такой пруть ставятъ вертикально на крышѣ зданія и посредствомъ металлическихъ проводовъ соединяютъ его съ



Рис. 495.

широкой металлической же пластиной, погруженной въ колодезь или зарытой во влажную почву. Когда надъ зданіемъ, снабженнымъ такимъ стержнемъ, проходитъ грозовое облако, оно разряжаетъ черезъ вліяніе въ этомъ стержнѣ противоположное электричество, которое истекаетъ изъ остря по направленію къ облаку и частью его нейтрализуетъ, отчего уменьшается вѣроятность возникновенія молніи; если же молнія все-таки ударитъ въ это зданіе, то она всего вѣроятнѣе пойдетъ въ высоко поставленный и хорошо проводящій электричество стержень и изъ него въ землю безъ вреда для зданія.

Въ послѣднее время, особенно въ Бельгій, стали устраивать громоотводы



иначе (громоотвод **Мельсенса**). Здание окружают несколькими сравнительно тонкими проволоками, представляющими собою подобие сѣтки (рис. 495). Все проволоки наверху сходятся къ вершинѣ крыши, гдѣ оканчиваются короткими остриями, а нижнія ихъ части зарываются во влажную почву или погружаются въ колодцы. Дѣйствие такого громоотвода основано на томъ, что тѣло, помещенное внутри замкнутого проводника, соединеннаго съ землей, не подвергается вліянію вѣдшихъ наэлектризованныхъ тѣлъ.

## 5°. Нѣкоторые свѣтовые метеоры.

**465. Атмосферная рефракція.** Положимъ, что въ точкѣ *A* земной поверхности (рис. 496) находится наблюдатель и смотритъ на звѣзду *S*. Лучъ свѣта этой звѣзды прежде, чѣмъ достигнуть глаза, долженъ пройти черезъ земную атмосферу, которую

можно разсматривать, какъ состоящую изъ множества слоевъ, постепенно уплотняющихся сверху внизъ. Такъ какъ преломляемость воздуха увеличивается съ увеличеніемъ его плотности, то лучъ отъ звѣзды *S*, проходя черезъ рядъ атмосферныхъ слоевъ, испытываетъ множе-

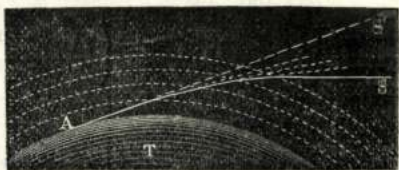


Рис. 496.

ство маленькихъ преломленій, постоянно приближаясь къ перпендикулярамъ; отъ этого путь луча въ атмосферѣ оказывается кривою линіею, которой выпуклость обращена въ сторону, противоположную землѣ. Вслѣдствіе этого звѣзда кажется глазу лежащею по направленію *AS'*, составляющему касательную линію къ кривой *AS*, т. е. звѣзда представляется выше дѣйствительнаго положенія. Это явленіе наз. **атмосферной рефракціей** (въ примѣненіи къ небеснымъ свѣтѣламъ она наз. **астрономической**, въ примѣненіи къ земнымъ предметамъ — **земною**). Чѣмъ ближе къ горизонту расположено свѣтило, тѣмъ большую толщю атмосферы приходится проходить лучамъ его свѣта и тѣмъ значительнѣе кажущееся повышеніе свѣтна; у самаго горизонта угловое повышеніе составляетъ около  $35'$ ; такъ что первые лучи восходящаго солнца мы начинаемъ видѣть тогда, когда солнце еще не дошло до горизонта на  $35'$ , и послѣдніе лучи заходящаго солнца видимъ тогда, когда на самомъ дѣлѣ оно уже опустилось ниже горизонта на  $35'$ .

**466. Миражъ.** Въ холодныхъ полярныхъ странахъ слои воздуха, лежащіе надъ поверхностью океана, обыкновенно очень охлаждены и уплотнены, тогда какъ верхніе слои значительно рѣже. Вслѣдствіе этого иногда наблюдается особое атмосферическое явленіе, называемое **миражемъ**. Пусть (рис. 497) въ *S* находится какой-нибудь предметъ, напр., корабль, а въ *A* наблюдатель, настолько удаленный отъ предмета, что для

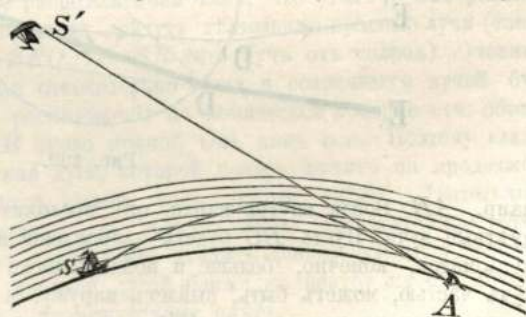


Рис. 497.

напр., корабль, а въ *A* наблюдатель, настолько удаленный отъ предмета, что для