

Из формулы для напряженности поля плоского конденсатора [формула (а) § 14] легко видеть, что если пластинам конденсатора мы предоставим возможность сближаться, то напряженность поля в пространстве между пластинами, а стало быть, и сила притяжения  $F$  пластин друг к другу будут оставаться неизменными. Следовательно, работа, которая может быть произведена пластинами конденсатора при их сближении до соприкосновения (когда произойдет нейтрализация заряда), равна произведению неизменной силы  $F$  на проходимый пластинами путь  $d$ .

Таким образом, энергия поля конденсатора  $W = \frac{\epsilon E^2}{8\pi} \cdot Sd$  [формула (13)] эквивалентна механической энергии  $Fd$ . Из равенства  $Fd = \frac{\epsilon E^2}{8\pi} \cdot Sd$  находим, что *пластины конденсатора притягиваются с силой, которая, будучи рассчитана на единицу площади пластины, равна плотности энергии поля:*

$$\frac{F}{S} = \frac{\epsilon E^2}{8\pi}. \quad (15)$$

Силы взаимодействия между телами, находящимися в динамическом поле, обычно называют *пондеромоторными* <sup>1)</sup> *силами*. Происхождение пондеромоторных сил в электрическом поле можно было бы представить себе наглядно, если допустить, что электрические силовые линии, отвечающие некоторому особому состоянию среды (пространства), находятся в натяжении. Тогда следовало бы признать, что *продольное натяжение силовых линий измеряется плотностью энергии поля*.

Если с этой точки зрения обратиться к анализу изображений поля посредством силовых линий (например, по рис. 17), то обнаруживается, что наряду с натяжением должно существовать также *поперечное давление силовых линий друг на друга*, по величине одинаковое с натяжением. Существованием этого поперечного давления можно, например, объяснить упомянутую в § 14 неоднородность поля плоского конденсатора у краев пластин: силовые линии как бы выталкиваются из пространства между пластинами наружу (рис. 35).

## § 17. Электрометры

Для измерения заряда и потенциала проводников служат приборы, называемые *электрометрами*. Так как простейший электрометр с легкими алюминиевыми листочками недостаточно чувствителен, то часто применяют более чувствительные *струнные электрометры*. Схема одного из таких приборов показана на рис. 38.

Тончайшая платиновая нить диаметром 1—2  $\mu$  и длиной около 6 см слабо натянута между двумя лезвиями, которым сообщают

<sup>1)</sup> От лат. *p o n d u s* — вес и *motus* — движение.

равные по величине, но противоположные по знаку вспомогательные заряды. Если упомянутую нить соединить с проводником, потенциал которого требуется измерить, то нить отклонится в ту или другую сторону, в зависимости от знака измеряемого потенциала.

Кирхгоф применил для измерения электростатических потенциалов чувствительные рычажные весы. Для этой цели он заменил одну чашку весов легкой металлической круглой пластиной  $C$ , под которой на изоляторе устанавливается другая пластина  $A$  (рис. 39); пластину  $A$  соединяют с проводником, потенциал которого требуется измерить, тогда как первую пластину  $C$  и коромысло весов заземляют; таким образом, одна чашка весов оказывается замененной плоским конденсатором. Чтобы поле этого конденсатора сделать возможно более однородным, верхнюю пластину  $C$  снабжают так называемым «защитным кольцом»  $B$ , которое, так же как и пластина  $C$ , заземляется.

Весы Кирхгофа для измерения напряжений иначе называют *абсолютным электрометром*. Этим прибором пользуются следующим

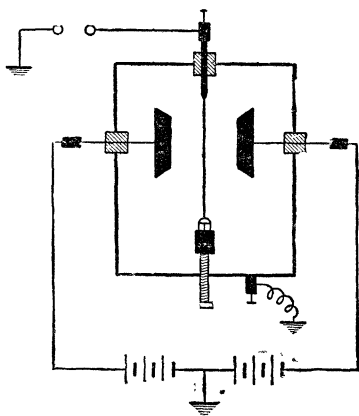


Рис. 38. Схема струнного электрометра. Потенциал определяется по отклонению платиновой нити в электрическом поле между двумя лезвиями.

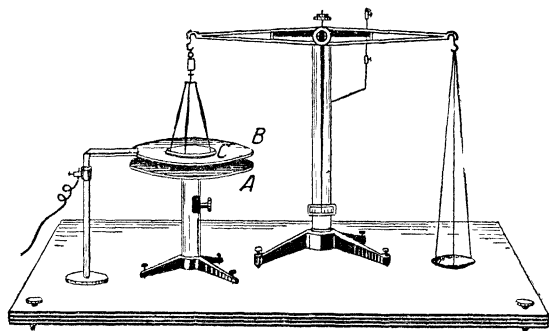


Рис. 39. Схема абсолютного электрометра Кирхгофа.

образом: вначале уравнивают пластину  $C$ , затем соединяют пластину  $A$  с проводником, потенциал которого требуется узнать, и подводят эту пластину посредством микрометрического винта весьма близко, на определенное расстояние  $d$  к пластине  $C$ ; после

этого, постепенно нагружая чашку весов, определяют силу отрыва пластины  $C$  от  $A$  и по формулам §§ 14 и 16 вычисляют потенциал.

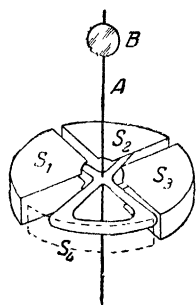


Рис. 40. Схема квадратного электрометра.

Удобным и точным прибором является так называемый *квадрантный электрометр*, предложенный В. Томсоном (Кельвином). Схема главной части этого прибора показана на рис. 40. Тонкостенный полый металлический цилиндр высотой 1 см и диаметром 5 см разрезан на четыре квадранта  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  и  $S_4$ . Внутри имеется легкая пластинка, вырезанная в виде восьмерки («стрелка»); пластинку стрелку изготовляют из слюды, покрытой тонким слоем металла, из алюминия или же из двух склеенных листиков «серебряной бумаги». Стрелка скреплена с тонким стерженьком  $A$ , на котором укреплено зеркальце  $B$ . Стерженьек вместе со стрелкой и с зеркальцем подвешен на покрытой серебром тонкой кварцевой нити (толщиной в несколько микронов). Противоположно расположенные квадранты  $S_1$  и  $S_3$ , а также  $S_2$  и  $S_4$  соединяются друг с другом. При измерении обеим парам квадрантов сообщают вспомогательные, равные по величине, но противоположные по знаку заряды; стрелку соединяют с телом, потенциал которого требуется измерить. Одной парой квадрантов стрелка притягивается, другой — отталкивается; о напряжении судят по углу кручения нити. Для определения этого угла поворота наблюдают, как «световой зайчик», отраженный от зеркальца  $B$ , перемещается по шкале, установленной на расстоянии 1—1,5 м от прибора, или же рассматривают в трубу отражение в зеркальце  $B$  делений шкалы (рис. 41).

Наряду с вышеуказанным способом включения электрометра нередко пользуются также так называемым *идиостатическим*<sup>1)</sup> включением. В этом случае стрелку и одну пару

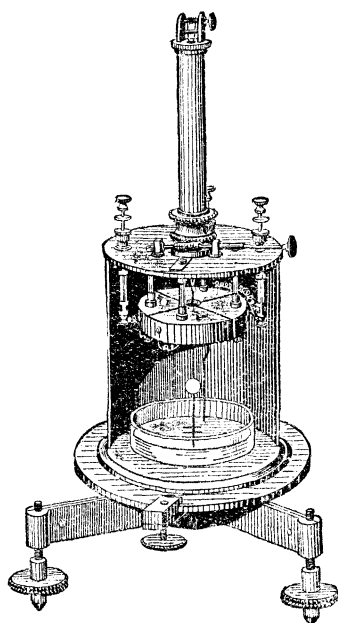


Рис. 41. Квадрантный электрометр Томсона

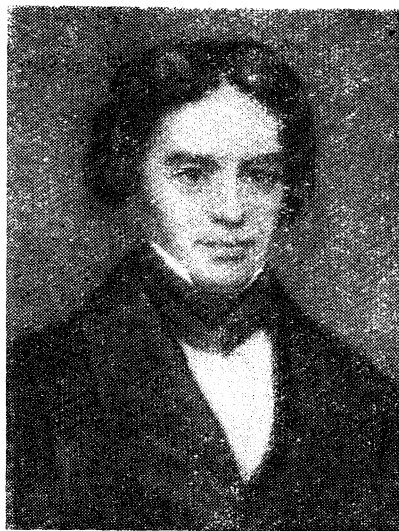
квадрантов заземляют, а к измеряемое напряжение.

<sup>1)</sup> От греч. *idios*—с о б с т в е н н ы й (так как вспомогательный заряд отсутствует).

При идиостатическом включении угол поворота стрелки и зеркала приблизительно пропорционален квадрату измеряемого напряжения, тогда как при вышеуказанном «включении на стрелку» (со вспомогательными зарядами квадрантов) угол поворота стрелки в широких пределах пропорционален первой степени измеряемого напряжения.

## § 18. О природе электрических явлений

Соображения, изложенные в предыдущем параграфе, были применены Фарадеем для объяснения разнообразных электрических явлений. Фарадей обогатил физику своими экспериментальными исследованиями и открытиями, но весьма большую роль в развитии учения об электричестве сыграли также теоретические взгляды Фарадея. Первым успешным испытанием этих взглядов были замечательные по замыслу опыты самого Фарадея, приведшие к открытию явления экранирования электрических сил, явления электромагнитной индукции, явлений, обнаруживающих родство электромагнитных явлений и света, и др. По Фарадею, сущность электричества заключается не в зарядах, а в *силовых трубках*, заряды же представляют собой только окончания силовых трубок. Натяжение силовых трубок и их взаимное поперечное давление, если они не уравновешены, приводят силовые трубки поля в движение. Движение силовых трубок и скольжение их концов (зарядов) по проводнику сказываются как электрический ток и проявляются в возникновении магнитных сил. Воззрения и открытия Фарадея подсказали Максвеллу путь к построению плодотворной математической теории электричества.



Михаил Фарадей  
(1791—1867).

Теория Максвелла охватила громадную область электрических и магнитных процессов, установила взгляд на электрическое поле как на частный случай более общего электромагнитного поля, раскрыла электромагнитную природу световых явлений, привела к открытию радиоволн. Поньше теория Максвелла является