

**МЕТОДИЧЕСКИЕ
И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ
СТАТЬИ**





КЛАССНЫЕ ОПЫТЫ [42]

Помещаю ниже описание некоторых простых физических опытов, которые, как мне кажется, легко могут быть произведены и в среднем учебном заведении.

Все приборы, необходимые для этих опытов, крайне просты и могут быть приобретены или заказаны при незначительных издержках. Правда, точность результатов, получаемых при этом, — сравнительно небольшая, зато выигрывается в наглядности, а это обстоятельство для усвоения законов природы или метода исследования всегда должно стоять на первом плане.

I. Закон Архимеда

Для опыта необходимо следующее:

а) Весы Роберваля до 2 кг. Для того чтобы показания весов видны были во всей аудитории, полезно приделать к ним легкую стрелку длиной 25 см, а к станине прикрепить шкалу с крупными делениями.

Такое приспособление позволяет при наименьшей гирьке (1 г) определять истинный вес с точностью $\frac{1}{5}$ г. (Если, например, при q граммах стрелка показывала 3 деления, а при $q + 1$ граммах — 8 делений, тогда как равновесие на пятом делении, то можно истинный вес считать равным $q + \frac{2}{5}$ г). Кроме этого приспособления, желательно чашки весов Роберваля заменить плоскими цинковыми квадратами, которые гораздо удобнее чашек. Для этого берут листовой цинк толщиной миллиметра два и привинчивают его к вертикальным стержням, на которых лежали чашки.

б) Разновески от 500 до 10 г обыкновенные, но для того, чтобы всем было видно, что именно кладется на чашку (заявления лектора я считаю недостаточным), можно в

головке каждой гирьки сделать надрез и вставить картон с номером. Разновески с 5 г и до 1 г удобно сделать из листового алюминия, согнув его углом и снабдив соответственной цифрой.

в) Мензурка до 200 см³, шириной 5 см, высотой 20 см. Для ясности можно отметить широкими чертами деления 50, 100 и 150.

г) Крючок на цинковой подставке, согнутый из латунной проволоки так, чтобы он по горизонтальному направлению хватал с одной чашки на другую. Подставка должна быть такой ширины и такого веса, чтобы палочка сургуча, повешенная на крючок, не опрокидывала его.

д) Палочка красного сургуча (сечением $2 \times 2,5$ см², длиной 11 см); посредством вделанной в нее тонкой проволоки с петлей наверху может быть повешена на крючок.

е) Деревянная подставка, высота которой равна высоте чашек весов Роберваля.

ж) Два куса свинца, один равный весу крючка с цинковой подставкой, другой равный весу мензурки с водой.

Опыты производятся в следующем порядке:

1-й опыт. Ставят крючок на весы и тарируют. Подвешивают сургуч и кладут разновески до равновесия (74 г). Мензурку ставят рядом на деревянную подставку и нали-

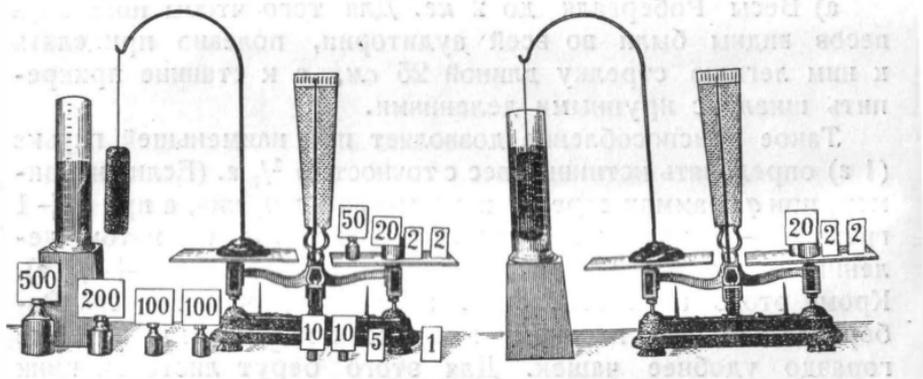


Рис. 1.

Рис. 2.

вают 140 см³ воды (рис. 1). Затем, опустив сургуч в воду, снова уравнивают весы гирьками. Гирьки показывают

теперь 24 г, т. е. на 50 г меньше, а вода в мензурке поднялась на 50 см³ выше (рис. 2). Этим и доказывается закон Архимеда, так как тело потеряло в весе столько, сколько весит вытесненная вода.

2-й опыт. На самом железе часть веса тела не теряется, а передается мензурке. Для доказательства этого меняют места мензурки и крючка и повторяют опыт (рис. 3). Оказывается теперь, что при погружении сургуча в воду мензурка, стоящая на весах, делается на 50 г тяжелее.

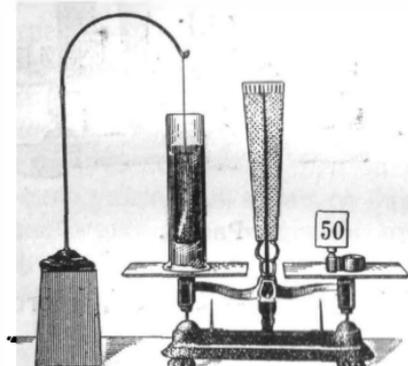


Рис. 3.

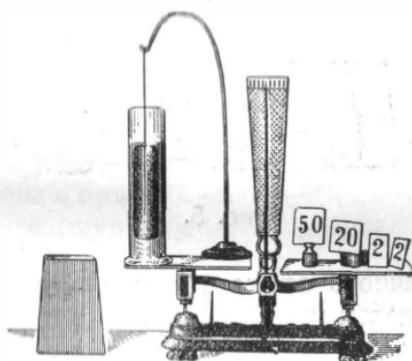


Рис. 4.

3-й опыт. Если повторить опыт, когда мензурка и крючок стоят на одной и той же чашке весов (рис. 4), то равновесие не нарушается, только давление от подставки крючка на чашку уменьшается, а давление от мензурки увеличивается; для весов Роберваля, однако, безразлично, как распределены давления на каждой чашке.

4-й опыт. Ставим крючок с сургучом на одну чашку, а мензурку — на другую и уравниваем (рис. 5). При погружении сургуча в воду в таком положении у нас 50 г с одной чашки — по закону Архимеда — передается на другую, и равновесие нарушится. Для восстановления равновесия приходится со второй чашки (где мензурка) на первую переложить 50 г или прибавить к первой чашке 100 г (рис. 6).

Примечание. Последний опыт можно показать только тогда, когда первые три опыта и самый принцип вполне усвоены; можно его задать и в виде задачи.

Из этих опытов прямо вытекает определение удельного веса тел, и на весах Роберваля можно довольно точно определять удельный вес твердых и жидких тел. Так, из опи-

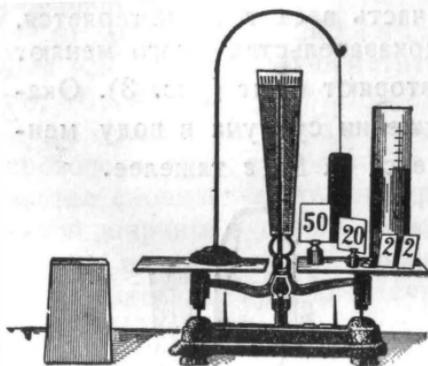


Рис. 5.

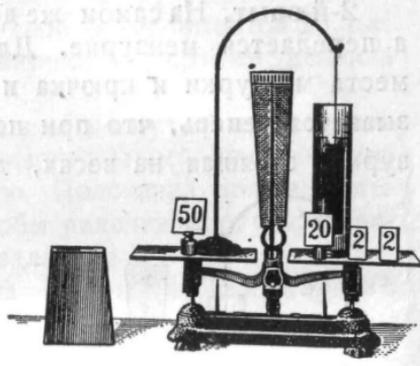


Рис. 6.

санного опыта следует, что объем сургуча = 50 см^3 , а его удельный вес = 1,5.

II. Электропроводность растворов

Чтобы показать, как сильно увеличивается электропроводность воды от малейших примесей, необходимы следующие приборы:

а) Плоский сосуд, подобный тем, какие обыкновенно употребляются для аккумуляторов или для медных вольтметров. В сосуде налита чистая вода и опущены два электрода площадью около 1 дм^2 при расстоянии между ними около 5 см .

б) Склянка с серной кислотой и стеклянная палочка.

Опыт. Соединяют последовательно гальванический элемент (например, элемент Даниэля), ключ, гальванометр (лучше всего гальванометр Гартмана и Брауна, Schul-Galvanometer № 587, цена 90 марок) [48] и вышеописанный сосуд с электродами.

При замыкании ключа гальванометр почти не отклоняется, так как сопротивление чистой воды громадно. Но стоит только взять каплю серной кислоты на стеклянную

палочку и помешать палочкой в воде, как тотчас же наблюдается сильное отклонение гальванометра (ключ нужно выключить вскоре после отклонения, чтобы не испортить гальванометра). Капля серной кислоты увеличивает проводимость воды в несколько сот раз [44].

III. Соединение элементов

При решении вопроса о том, как соединять элементы между собой, параллельно или последовательно, необходимо прежде всего знать их внутреннее сопротивление и сопротивление цепи. Для того чтобы показать влияние этих сопротивлений на опыте, необходимы следующие приборы:

а) Лекционный гальванометр (лучше всего указанный выше, от Гартмана и Брауна), снабженный подходящим отводом (шунтом), который можно легко включать и выключать.

б) Три одинаковых элемента Даниэля. В особенности важно, чтобы пористые сосуды были одной фабрики, иначе сопротивления элементов не будут одинаковыми.

в) Переключатель или качалка.

г) Сопротивление в 100 ом и провода.

На рис. 7 показано соединение приборов: G — гальванометр, J — отвод (шунт), r — сопротивление в 100 ом, P — коммутатор, E_1 и E_2 — элементы.

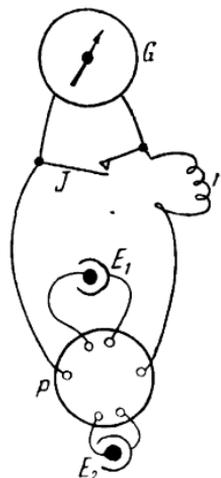


Рис. 7.

1-й опыт. Один элемент Даниэля E_1 наполняют жидкостями доверху, другой элемент лишь на $\frac{1}{6}$ высоты. Электродвижущая сила их одинакова, но сопротивление первого около одного ома, второго около 5 ом (первый элемент представляет собой параллельное соединение пяти элементов второго типа). Замыкая E_1 или E_2 посредством переключателя коротко на шунтированный гальванометр, получаем от полного элемента E_1 ток, больший, чем от неполного элемента E_2 .

Проделав тот же опыт, но включив сопротивление 100 ом, получаем одинаковые отклонения гальванометра для

обоих элементов (в последнем случае необходимо шунт выключить, иначе отклонения слишком малы).

Итак, при малом внешнем сопротивлении и большом внутреннем полезно соединять элементы параллельно.

2-й опыт. Ставят в E_1 элемент Даниэля, в котором налито жидкости только до $\frac{1}{5}$ нормальной высоты, в E_2 ставят два таких элемента, соединенных последовательно.

Замыкая коротко на шунтированный гальванометр, получаем от одного элемента почти такой же ток, как и от двух.

Замыкая на 100 *ом* (без шунта), получаем от двух элементов ток сильнее, чем от одного.

Итак, при большом внешнем сопротивлении полезно соединять элементы последовательно.

Примечание. Если элементы сами имеют ничтожное сопротивление, как, например, аккумуляторы, то их почти никогда не приходится соединять параллельно, а всегда последовательно.

IV. Изменение сопротивления от температуры

Свернутую спиралью железную проволоку x (рис. 8) диаметром около $\frac{1}{3}$ мм и сопротивлением около 2 *ом* поместим параллельно с гальванометром (Гартмана и Брауна).

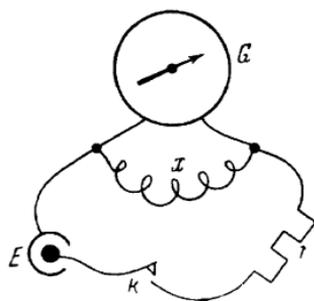


Рис. 8.

Замкнув ключ k в цепи с элементом E и балластным сопротивлением r , получаем небольшое отклонение гальванометра. Если теперь нагревать железную проволоку горелкой, то отклонения гальванометра увеличиваются; при охлаждении спирали отклонение уменьшается.

При описанном расположении, т. е. при включении сопротивления x параллельно гальванометру, изменения в показаниях последнего

при изменении сопротивления x гораздо значительнее, чем в том случае, когда сопротивление x включено в цепь последовательно. Если r и G велики в сравнении с x , то показания гальванометра можно считать пропорциональными сопротивлению x .

Можно произвести тот же опыт, поставив сопротивление x на место r , а на место x вставив шунт, подобранный таким образом, чтобы при холодной железной проволоке отклонения гальванометра были большие; тогда при горячей проволоке они будут меньше. Однако здесь для пропорциональности отклонений гальванометра и сопротивления x необходимо, чтобы сопротивления гальванометра с шунтом и элемента были ничтожны в сравнении с x , а это трудно достижимо.

V. Опыты с калильными лампочками

Возьмем две калильные лампочки — одну большую в 32 свечи, другую малую в 8 свечей. Пустив через них ток, измерим силу тока амперметром и напряжение вольтметром; тогда можем вычислить сопротивление лампочки во время горения и потребляемую ею энергию и составить следующую табличку:

свечи	вольт	ампер	ом	ватт	ватт/св
8	110	0,27	400	30	3,75
32	110	1,00	110	110	3,44

Если же мы измерим сопротивление лампочек в холодном состоянии подстановкой или мостиком Уитстона, то получим для 8-свечной 700 *ом*, а для 32-свечной 200 *ом*. Следовательно, сопротивление уголька с повышением температуры уменьшается. Еще нагляднее это можно показать на лампочке Нернста; сопротивление этой лампочки в холодном состоянии громадно, но стоит только нагреть ее спичкой, и сопротивление падает, так что лампочка накаливается.

Соединив теперь обе наши лампочки последовательно, пустим через них ток; тогда мы заметим, что 32-свечная лампочка совсем не накаливается, тогда как 8-свечная светит хорошо, хотя через ту и другую проходит один и тот же ток. Это обстоятельство почти всегда вызывает недоумение студентов на практических занятиях. Однако это недоумение легко рассеять, подсчитав энергию, выделяемую лампочками при их параллельном или последовательном включении в цепь. Так как в цепи с током I , сопротивлением R

и электродвижущей силой E в течение одной секунды выделяется энергия $W = EI = E^2/R = I^2R$, то при последовательном соединении лампочек, т. е. при одинаковой в них силе тока I , будет выделяться больше энергии там, где сопротивление R больше; наоборот, при параллельном соединении, т. е. при одинаковой для всех лампочек разности потенциалов, выделяющаяся энергия обратно пропорциональна сопротивлению.

С лампочками очень удобно показывать закон Ома, законы разветвления тока и т. п., в особенности, если имеются два гальванометра Гартмана и Брауна.

