

ФИЗИЧЕСКІЯ ЗАМѢТКИ.

(СЪ ТАБЛИЦ. РИСУНКОВЪ).

А. П. Грузинцева.

Подъ такимъ заглавіемъ мы намѣрены изложить описаніе и употребленіе нѣкоторыхъ физическихъ приборовъ, полезныхъ, по нашему мнѣнію, при преподаваніи начальной физики. Ниже описанные приборы въ русской литературѣ неизвѣстны, а между тѣмъ они представляютъ нѣкоторыя удобства какъ со стороны простоты и наглядности своего устройства, такъ и со стороны легкости производства опытовъ съ ними. Есть за ними еще одно немаловажное достоинство, именно — они легко обращаются изъ демонстративныхъ приборовъ въ измѣрительные (съ точностью достаточною для элементарнаго преподаванія) и могутъ по этому служить для учащихся пособіями при рѣшеніи физическихъ задачъ, состоящихъ въ опредѣленіи тѣхъ или другихъ физическихъ постоянныхъ.

Всѣ описанные приборы испытаны¹ при преподаваніи элементарной физики и оказались весьма удобными. При изложеніи я не буду держаться особаго систематическаго порядка, а буду только стараться сгруппировать приборы, относящіеся до одного отдѣла физики, въ одномъ мѣстѣ.

Въ заключеніе этихъ предварительныхъ словъ замѣчу, что мнѣ при этомъ служили пособіями — извѣстный курсъ физики Дагена,

¹ Всѣ эти приборы устроены мной и были показаны, равно какъ и опыты съ ними, въ засѣданіи харьковскаго математическаго общества 30 ноября и 15 декабря прошлаго 1884 года.

затѣмъ превосходная книга проф. Вейнгольда— «Die physikalische Demonstrationen», которую особенно можно рекомендовать всѣмъ, кто занимается преподаваніемъ элементарной физики, даже было бы въ высшей степени желательнымъ появленіе этой книги въ русскомъ переводѣ; затѣмъ я пользовался періодическою литературой по физикѣ и т. п.

Разширеніе жидкостей.

1. Для показанія разширенія жидкостей весьма удобенъ слѣдующій приборъ, который легко приготовить каждому. Берется колба — шаромъ вместимостью около $\frac{1}{2}$ фунта; на верху горла вытягивается родъ воронки *a* (черт. 1). Въ колбу наливаютъ керосинъ¹, подкрасенный для большей видимости корнемъ алканны (Radix alcanapa можно получить во всякомъ аптекарскомъ магазинѣ на нѣсколько копѣекъ). Керосинъ наливаютъ приблизительно до черты *b* при обыкновенной температурѣ той комнаты, въ которой читаются лекціи физики. Затѣмъ эта колба осторожно подогревается на песчаной банѣ до тѣхъ поръ, пока керосинъ, разширяясь, не дойдетъ до черты *c* (размѣры колбы и горла взяты такими, что это можетъ случиться), тогда запаиваютъ трубочку надъ *c* и приборъ готовъ. Затѣмъ когда керосинъ охладится, то, для показанія разширяемости жидкости отъ теплоты, стоитъ только погрузить колбу въ стаканъ съ горячею водою; керосинъ тотчасъ же сильно разширится. Можно было бы брать спиртъ вмѣсто керосина, такъ какъ спиртъ обладаетъ тоже большимъ коэффициентомъ разширенія; но, вслѣдствіе болѣе легкой воспламеняемости, онъ уступаетъ керосину.

2. Въ статьѣ о разширеніи жидкостей въ учебникахъ элементарной физики обыкновенно указывается на способъ Дюлона и Пти, основанный на томъ законѣ гидростатики, что высоты разнородныхъ жидкостей, налитыхъ въ сообщающіеся сосуды, об-

¹ Вообще надо замѣтить, что во многихъ опытахъ съ жидкостями керосинъ очень удобенъ.

ратно пропорціональны ихъ плотностямъ, — и обыкновенно этотъ приемъ не демонстрируется; для его демонстраціи можно употребить слѣдующій приборъ.

Берутъ трубку, изогнутую въ видѣ буквы *U*, длиной около 45^{см} и толщиной 6^{мм}; къ концамъ этой трубки припаиваются, въ видахъ ослабленія вліянія волосности, болѣе широкія части (около 1^{см} внутренняго діаметра) *A* и *C* (черт. 2); одна изъ трубокъ, *AB*, окружена болѣе широкою трубкой *D*, закрытою на обоихъ концахъ пробками, сквозь которыя проходитъ первая трубка и кромѣ того двѣ небольшія изогнутыя трубочки *m* и *n*; все это укрѣпляется вертикально на штативѣ. Размѣры прибора могутъ быть и больше показанныхъ здѣсь.

Вотъ приборъ. Теперь его наполняютъ жидкостью, обладающею большимъ разширеніемъ; для этого всего удобнѣе брать обыкновенный керосинъ, подкрашивая его, какъ и выше, для болѣе видимости корнемъ альканны¹.

Пропускаемъ водяные пары изъ особой реторты или мѣднаго котелка въ трубку *D* черезъ трубочку *m*, тогда столбъ жидкости *AB* значительно повышается. Опытъ должно считать оконченнымъ, если жидкость въ *A* болѣе не повышается. Этотъ опытъ служить очень хорошою демонстраціей способа Дюлона и Шти.

При указанныхъ размѣрахъ прибора опытъ даетъ слѣдующія числа (полученныя на лекціи передъ учениками). Высота холодной колонны = 47^{см} (при 17°,5 С.); разширеніе керосина при нагрѣваніи до 100° (т. е. на 82°,5) было равно 3,4^{см}; отсюда коэффициентъ истиннаго разширенія керосина при температурѣ 17°,5 С. есть

$$\frac{3,4}{47,82,5} = 0,00088.$$

¹ Можно брать для той-же цѣли и старый керосинъ — сильно пожелтѣвшій подъ вліяніемъ свѣта.

3. Для демонстраціи способа Дюлона и Пти, служащаго для опредѣленія коэффициента разширенія ртути, очень удобенъ приборъ Вейнгольда. Этотъ приборъ состоитъ изъ двухъ высокихъ стеклянныхъ стакановъ (высота 54 см , діаметръ около 5 см), имѣющихъ внизу боковыя отверстія *A* и *B* (черт. 3) и закрытыхъ вверху деревянными пробками съ отверстиями *C* и *D*; сквозь эти отверстія пропускаются трубки, загнутыя на нижнихъ концахъ; къ этимъ трубкамъ вверху припаиваются болѣе широкія (около 12 мм въ діаметрѣ) трубки, *K* и *L* (9 см длины), нижніе наружные концы трубокъ соединяются каучуковою толстостѣнною трубкой *M* (около 20 см длиною). Сквозь 2-е отверстие пробки *C* пропускаютъ длинную открытую съ обоихъ концовъ трубку *F*, почти доходящую до дна стакана *A*, на верхній конецъ ея надѣвается каучуковая трубка. Въ томъ-же стаканѣ помѣщаютъ еще термометръ, укрѣпляя его въ 3-е отверстие пробки *C*.

Для производства опыта наполняютъ приборъ ртутью такъ, чтобы уровни ртути были около середины трубокъ *K* и *L*. Затѣмъ пропускаютъ въ стаканъ *A* при помощи упомянутой (второй) длинной трубки *F* водяной паръ, а въ стаканъ *B* кладутъ снѣгъ или толченый ледъ.

Ртуть въ трубкѣ стакана *A* разширяется въ то время, какъ въ другой трубкѣ понижается. Для опредѣленія высотъ теплой и холодной колоннъ ртути можетъ служить вертикально укрѣпленный масштабъ; можно прибѣгать и къ другимъ способамъ опредѣленія высотъ (напримѣръ катетометромъ, буде онъ имѣется).

Описанный сейчасъ приборъ уже встрѣчается въ продажѣ.

Разширеніе газовъ.

4. Въ курсахъ начальной физики обыкновенно излагается способъ Гей-Люссака ¹ для опредѣленія коэффициента разширенія га-

¹ Этотъ-же способъ служитъ и для повѣрки закона Шарля (Гей-Люссака).

звъвъ (при постоянномъ давленіи); но способъ этотъ для лекціонныхъ демонстрацій не удобенъ, ибо требуетъ выполненія продолжительныхъ и довольно тонкихъ манипуляцій. Ниже описанный приборъ, представляя упрощеніе прибора Вейнгольда, оказался, какъ обнаружилъ опытъ, болѣе удобнымъ — тѣмъ болѣе, что этотъ приборъ можно дать учащемуся для самостоятельнаго опыта съ цѣлю опредѣленія коэффициента расширенія газа (именно воздуха).

Вотъ описаніе и употребленіе этого прибора.

Запаянная съ одного конца и изогнутая сифонообразно трубка *ABD* (черт. 4), длинное колѣно которой около 52 см при діаметрѣ трубки около 8 мм ; короткое колѣно этой трубки около 30 см ; длинный конецъ окруженъ болѣе широкою трубкой, вытянутою вверху¹ въ тонкую загнутую почти подъ прямымъ угломъ трубочку *m*; въ этой широкой трубкѣ помѣщается сзади *AB* стеклянная линейка (лучше — фарфоровая) съ дѣленіями на сантиметры и миллиметры (причемъ на миллиметры достаточно раздѣлить только тѣ мѣста ея, гдѣ останавливается уровень сѣрной кислоты); сама же широкая трубка укрѣпляется вертикально на деревянномъ штативѣ. Внизу широкой трубки вставляется короткая изогнутая и открытая съ обоихъ концовъ трубочка, служащая для вывода, какъ увидимъ ниже, образующейся въ широкой трубкѣ воды; подъ этою трубочкой устанавливается небольшая стеклянная чашечка для стока этой воды. Въ изогнутую трубку наливаютъ до извѣстнаго уровня крѣпкой сѣрной кислоты, подкрашенной индиго-карминомъ, причемъ кислоты наливаютъ столько, чтобы она стояла выше въ запаянной части, чѣмъ въ открытой; такимъ образомъ въ части *AE* будетъ находиться сухой воздухъ (для чего собственно и берется сѣрная кислота). Замѣчаютъ высоту запертаго столбика воздуха въ *AE*, затѣмъ пропускаютъ водяной паръ въ широкую трубку; тогда

¹ Можно закрыть широкую трубку всерху пробкой и черезъ эту послѣднюю пропустить маленькую трубочку *m*.

воздухъ въ AE будетъ расширяться, уровень сѣрной кислоты въ ней будетъ понижаться, и когда наступитъ равновѣсiе, то замѣчаютъ уровень жидкости. Такимъ образомъ знаемъ высоту столба воздуха при температурѣ кипѣнія воды, т. е. при 100° (пренебрегая измѣненiемъ температуры отъ давленiя); объемы же воздуха при комнатной температурѣ и при температурѣ кипѣнія воды будутъ относиться, очевидно (пренебрегая разширенiемъ стеклянной трубки, которое въ сравненiи съ разширенiемъ воздуха крайне незначительно), какъ ихъ высоты при тѣхъ же температурахъ; по этому будемъ имѣть:

$$\frac{v_{100}}{v_t} = \frac{h_{100}}{h_t}$$

отсюда:

$$\frac{v_{100} - v_t}{v_t} = \frac{h_{100} - h_t}{h_t}$$

Лѣвая часть есть разширенiе единицы объема при t° (комнатной температуры), — раздѣливъ это разширенiе на $(100^\circ - t^\circ)$, мы найдемъ коэффициентъ разширенiя газа при комнатной температурѣ; его можно, если угодно, свести къ температурѣ 0° , но при элементарномъ изученiи разширенiя газовъ это излишне; точно такъ же излишне проводить этотъ коэффициентъ къ постоянному давленiю, ибо въ курсѣ начальной физики обыкновенно не дѣлается различiя между коэффициентомъ разширенiя при постоянномъ объемѣ и постоянномъ давленiи.

Коэффициентъ разширенiя получается около 0,0037, что совершенно достаточно для нашихъ цѣлей.

Когда опытъ конченъ, то открытый конецъ трубки D закрывается пробиркой соотвѣтственной толщины, на дно которой положенъ кусокъ ваты, для предохраненiя сѣрной кислоты отъ влаги воздуха.

5. Модель воздушнаго термометра. Весьма удобенъ для лекцій воздушный термометръ, предложенный Шуллеромъ (Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XIX. 1883. S. 256). Онъ представленъ на чертежѣ 5 и состоитъ изъ длинной (около 72^{cm}) стеклянной трубки *A* малаго внутренняго діаметра, соединенной каучуковою трубкой *B* съ резервуаромъ *C*; этотъ послѣдній можетъ имѣть или форму цилиндра, какъ на чертежѣ, или форму шара (діаметръ около 4 или 5^{cm}) смотря по тому какая форма удобнѣе. Трубка *A* прикрѣплена къ деревянной линейкѣ, раздѣленной на равныя части (напримѣръ на 2^{mm}), начиная отъ ея середины въ обѣ стороны; сама же линейка прикрѣплена къ деревянному штативу *E*, снабженному установочными винтами. Въ трубку *A* вводится столбикъ подкрашеннаго карминомъ спирта; это производится такимъ-же путемъ, какъ наполненіе обыкновеннаго термометра ртутью, т. е. подогреваніемъ (очень легкимъ въ нашемъ случаѣ) резервуара *C* въ то время, какъ конецъ *A* погруженъ въ подкрашенную жидкость. Надо устроить такъ, чтобы столбикъ жидкости установился противъ 0 шкалы; этого достигнемъ такъ: сначала установимъ столбикъ вблизи 0 и затѣмъ, передвигая трубку *A* вдоль шкалы въ ту или другую сторону, установимъ столбикъ точно противъ середины шкалы.

Термометръ этотъ весьма чувствителенъ: отъ теплоты руки столбикъ перемѣщается почти на всю шкалу (въ этомъ случаѣ резервуаръ *C* былъ весьма значительнаго¹ объема въ сравненіи съ внутреннимъ объемомъ трубки *A*). При помощи этого термометра очень удобно показать пониженіе температуры при раствореніи сахара или соли въ водѣ, — только предварительно надо дать установиться столбику *m*, когда резервуаръ *C* находится въ стаканѣ съ водой, а затѣмъ уже бросить въ эту воду толченаго сахара или соли.

¹ 20 см длины и 2 см діаметромъ.

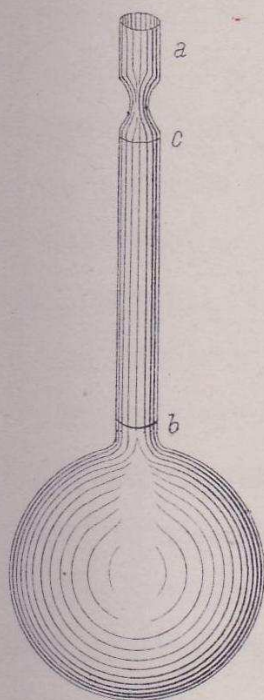
6. Упругость водяного пара при температурахъ, лежащихъ между 0° и 100° .

Если нѣтъ специально устроеннаго для этихъ опредѣленій прибора (описываемаго въ руководствахъ къ элементарной физикѣ), то довольно удобенъ слѣдующій приборъ (Pickering's Physical manipulations), легко составляемый даже учениками. Большая колба A (черт. 6), емкостью около литра, затыкается пробкой, сквозь которую пропускаютъ термометръ T и изогнутую трубку, длинное колѣно которой нѣсколько болѣе 760^{mm} . Въ колбу A до уровня, показаннаго на чертежѣ, наливается вода. Эту воду кипятятъ, и когда можно быть увѣреннымъ, что воздухъ изъ колбы весь (почти) вышелъ вмѣстѣ съ водяными парами, тогда представляютъ подъ конецъ длинной трубки чашечку C съ ртутью, прекращая въ тотъ же моментъ подогреваніе колбы. Послѣ того слѣдуетъ приступить къ измѣреніямъ, состоящимъ въ записываніи показаній термометра (напримѣръ черезъ каждые 5°) и высотъ—ртутнаго столба въ трубкѣ B и водяного, образующагося надъ ртутью. Если h и h' будутъ эти высоты, H —высота барометра въ это время и δ плотность ртути при температурѣ, даваемой термометромъ колбы A , то упругость водяного пара, заключеннаго въ колбѣ A при той-же температурѣ t , будетъ:

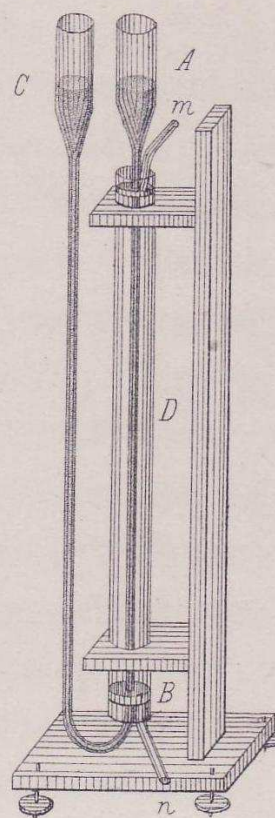
$$H - \left(h + \frac{h'}{\delta} \right).$$

Сравнивая такимъ образомъ числа съ числами таблицъ упругости пара (Ренъо), можемъ убѣдиться — насколько выгнанъ воздухъ изъ колбы A . Въ случаѣ большого разногласія слѣдуетъ повторить опытъ. Для опредѣленія h и h' достаточно ставить сзади трубки B вертикальную линейку, раздѣленную на миллиметры или, еще лучше, вѣшать свободно такую линейку. Получаемые результаты достаточны для элементарнаго преподаванія.

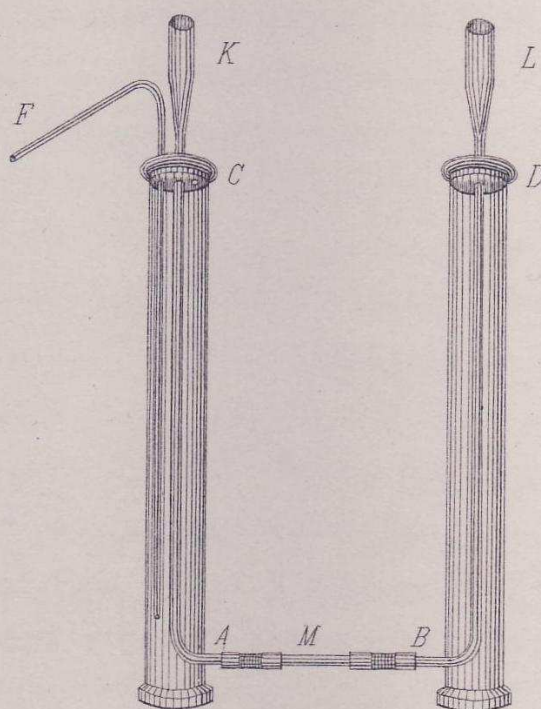
Черт. 1.



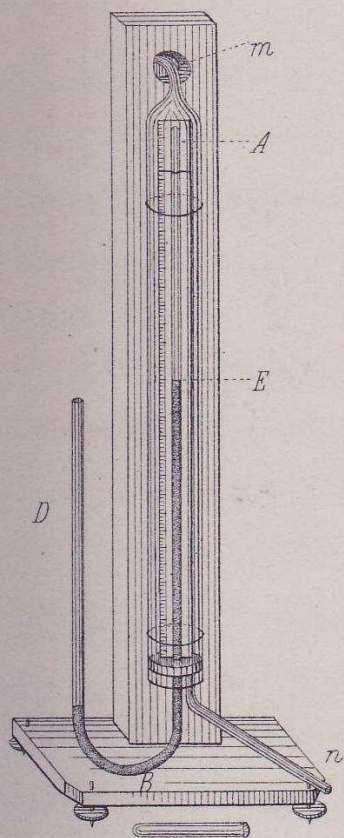
Черт. 2.



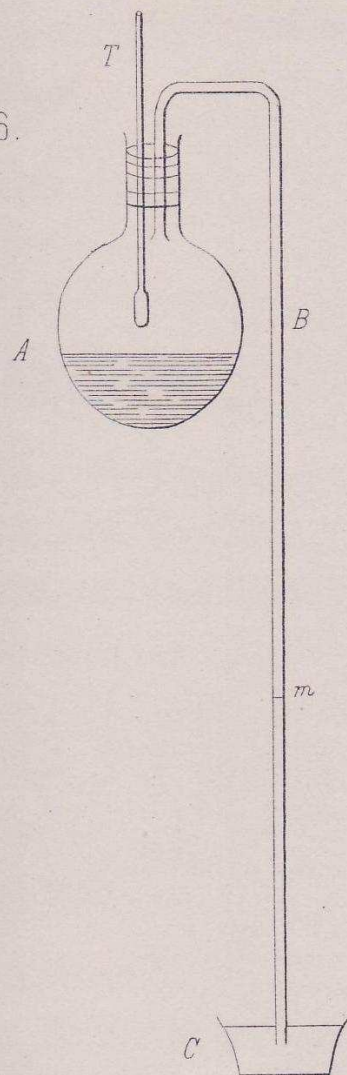
Черт. 3.



Черт. 4.



Черт. 6.



Черт. 5.

