

Первый Всероссийскій Съездъ Преподавателей Физики, Химіи и Космографіи.

С.-Петербургъ 27 Дек. 1913—6 Янв. 1914 г.

Взаимоотношеніе между практическими занятіями по физикѣ и теоретическимъ курсомъ. Выборъ темъ для практическихъ работъ.

Докладъ **Н. А. Томина.**

Сокращенія для ссылокъ: Z.—Zeitschrift f. d. phys. und chem. Unterricht; S.—School Science and Mathematics (американскій журналъ) R.—Rosenberg, Experimentierbuch f. d. Unterricht in der Naturlehre. (2 тома).

Вопросы методики относятся къ разряду чрезвычайно сложныхъ, такъ какъ ни одинъ изъ этихъ вопросовъ нельзя разсматривать отдѣльно отъ другихъ и, такъ какъ при рѣшеніи ихъ приходится принимать во вниманіе множество разныхъ факторовъ и часто исходить изъ предположеній гипотетическаго свойства. При попыткахъ практическаго воплощенія новыхъ идей, преподаватель можетъ встрѣтить цѣлый рядъ серьезныхъ препятствій; тормозящимъ моментомъ можетъ быть его собственная недостаточная подготовка, составъ класса, большое число учащихся, тѣсное помѣщеніе, ограниченное время, недостаточныя ассигновки на постановку опытовъ и практическихъ занятій, наконецъ необходимость выполнить программу minimum, предписанную извнѣ. Вотъ почему методическіе трактаты и различныя схемы построенія курса не могутъ пока претендовать на научность и представляютъ ограниченный интересъ. Искусство обученія можно сравнить съ искусствомъ рѣшенія тактическихъ задачъ: учителю постоянно приходится прилагать усиліе, чтобы использовать все ресурсы и возможности для достиженія намѣченной цѣли.

Прежде чѣмъ перейти къ темѣ моего доклада, я считаю необходимымъ выяснитъ свою субъективную точку

зрѣнія на задачу преподаванія физики и указать тѣ принципы, которыми, на мой взглядъ, слѣдуетъ руководствоваться при общемъ построеніи среднешкольнаго курса физики и при выборѣ учебнаго матеріала. Нельзя видѣть задачу обученія физикѣ въ томъ, чтобы „учить физикѣ“: кромѣ роднаго языка нельзя указать ни одной самодовлѣющей дисциплины въ средней школѣ и поэтому нельзя перечислить тѣ вопросы, которые непременно должны быть включены въ курсъ физики. Необходимо установить какой-нибудь критерій для выбора учебнаго матеріала и считаться при этомъ не съ отвлеченными интересами „физики“, а съ реальными интересами самихъ учащихся. Для характеристики основныхъ задачъ физики и техники въ высшей степени симптоматиченъ тотъ фактъ, что цѣлые томы ученыхъ изслѣдователей посвящены вопросу объ измѣрительныхъ приборахъ и измѣреніяхъ, посредствомъ которыхъ можно подвести балансъ энергіи въ разныхъ механизмахъ и установкахъ и выяснитъ тѣ приемы, благодаря которымъ можно понизитъ потери энергіи, при ея преобразованіяхъ изъ одного вида въ другой: уменьшить треніе и сопротивление воздуха, рационально использовать теплоту горючихъ газовъ, понизитъ потери на нагрѣваніе проводовъ, на гистерезисъ и токи Фуко, использовать дешевую водяную силу, энергію солнечныхъ радіацій, энергію вѣтровъ и приливовъ.

Основательное знакомство съ свойствами матеріи и энергіи необходимо для успѣшной борьбы съ природой, съ цѣлью заставить ее покрыть всѣ наши потребности въ матеріальныхъ благахъ, обезопаситъ себя отъ ея вредныхъ воздѣйствій и создать лучшія формы жизни. Я выдвигаю на первый планъ эту высококультурную роль физики и техники особенно потому, что многіе учебники физики систематически ее игнорируютъ.

Другимъ мотивомъ къ изученію физики служитъ наша потребность къ чистому знанію, къ разгадкѣ явленій природы. Физическіе законы и аналогіи представляютъ собой ту Ариаднову нить, которая даетъ намъ возможность ориентироваться въ пестромъ мірѣ явленій, подвести подъ одну

схему множество отдѣльныхъ фактовъ. Связь между физическими явленіями можетъ быть вполне раскрыта и подается математической формулировкѣ лишь при условіи точнаго опредѣленія физическихъ понятій, величинъ и избранія подходящихъ единицъ. Физика теоретическая и практическая—прежде всего наука объ измѣреніяхъ: она сводится къ раскрытію зависимостей между явленіями и къ опредѣленію тѣхъ константъ, которыя играютъ роль постоянныхъ параметровъ въ уравненіяхъ, выражающихъ эту зависимость. Эту задачу физики необходимо имѣть въ виду при выборѣ темъ для практическихъ работъ: въ физическомъ практикумѣ должны были бы преобладать работы измѣрительнаго, а не качественного характера. Учащіеся должны давать себѣ отчетъ въ томъ, что буквы, входящія въ физическія формулы, являются представителями чиселъ и что ручаться за вѣрность формулъ можно только въ тѣхъ предѣлахъ, въ какихъ формулы были установлены непосредственными наблюденіями. Чтобы смыслъ физическихъ формулъ сталъ ясенъ, необходимо, чтобы нѣсколько такихъ формулъ были выведены изъ наблюденій самихъ учащихся.

Графики даютъ болѣе наглядное представленіе о зависимости между физическими величинами. чѣмъ математическія формулы и потому учащіеся должны умѣть изображать графически (предпочтительно на миллиметровой бумагѣ) таблицы чиселъ, записанныя на лабораторныхъ занятіяхъ. Въ распоряженіи учителя также должна быть доска, разграфленная на квадратики (удобный размѣръ—25 (см. 2). Нѣкоторые графическіе приемы даютъ возможность избѣгать сложныхъ математическихъ выкладокъ и вычисленій. Такъ на примѣръ, площадь кривой, выражающей зависимость между пробѣгомъ тѣла и временемъ, въ теченіи котораго пробѣгъ совершенъ, даетъ представленіе о скорости тѣла въ данный моментъ.

Педагогическое значеніе практическихъ занятій по физикѣ вытекаетъ изъ того, что они способствуютъ усвоенію и фиксированію въ памяти важныхъ главъ теоретическаго курса и ставя учащихся лицомъ къ лицу съ при-

родой, обогащают их личный опыт и служат хорошим противовѣсомъ книжной учености. Чтобы детально ознакомиться съ какимъ-нибудь физическимъ явленіемъ и составить себѣ вѣрное представление о методахъ опредѣленія физическихъ постоянныхъ, необходимо самому съ начала до конца произвести требуемыя измѣренія и вычисления, и необходимо умѣть критически отнестись къ степени точности полученнаго результата въ зависимости отъ качества приборовъ и тѣхъ условій, въ которыхъ протекалъ опытъ. На практическихъ занятіяхъ ученикамъ сплошь и рядомъ приходится задумываться надъ вопросами, которые имъ совершенно не приходили въ голову во время демонстрацій. Даже опытному учителю часто бываетъ трудно предвидѣть тѣ трудности, большею частью призрачныя и возникающія вслѣдствіе превратнаго представленія о сущности явленія или несовпаденія полученнаго результата съ ожидаемымъ, или вслѣдствіе какой-нибудь грубой ошибки (складыванія миллиметровъ съ сантиметрами), съ которыми встрѣчаются ученики при лабораторныхъ опытахъ. Для успѣха первыхъ работъ необходимо, чтобы приборы отличались возможной простотой, были въ полной исправности и чтобы результатъ получался послѣ немногихъ простыхъ манипуляцій.

Опасны приборы, которые даютъ одинаково неточный результатъ, независимо отъ тщательности наблюдений. При болѣе сложныхъ наблюденияхъ, когда приходится вводить разныя поправки и обращаться съ болѣе точными приборами (ноніусъ, гониометръ, зеркальный секстантъ, химическіе вѣсы, зеркальный гальванометръ), учащіеся постепенно знакомятся съ научнымъ методомъ изслѣдованія и съ критической оцѣнкой степени точности полученнаго результата. Продѣлавъ нѣсколько такихъ работъ, учащіеся будутъ болѣе сознательно и съ большимъ интересомъ относиться къ изложенію теоретическаго курса.

На нѣкоторыхъ удачно выбранныхъ примѣрахъ слѣдуетъ объяснить учащимся, какъ знаніе однихъ константъ позволяетъ опредѣлить другія константы, отличающіяся гипотетической природой, на примѣръ число атомовъ въ

граммъ-молекулѣ, зарядъ электрона, скорость фото-электроновъ, и указать на то, что примѣненіе прежнихъ методовъ и принциповъ къ новой области явленій часто обогащаетъ наши знанія.

Практическія занятія должны быть въ тѣсной связи съ теоретическимъ курсомъ. Послѣ того какъ учащіеся познакомились на урокъ съ какимъ-нибудь теоретическимъ вопросомъ, они по возможности немедленно, пока еще свѣжа въ памяти теорія, должны приступить къ измѣреніямъ въ лабораторіи. Или если преподаватель желаетъ использовать для своихъ объясненій результаты лабораторныхъ занятій, урокъ долженъ слѣдовать непосредственно за часомъ практическихъ занятій. Осуществленіе этой цѣли очевидно возможно только при фронтальной системѣ, когда число приборовъ равно числу занимающихся группъ. Между тѣмъ бюджетъ средней школы не всегда даетъ возможность приобрести необходимые приборы въ числѣ достаточномъ для всѣхъ группъ, занимающихся одновременно, тѣмъ болѣе, что коэффициентъ использованія этихъ приборовъ весьма малъ, такъ какъ ими приходится пользоваться всего одинъ разъ въ теченіе всего періода обученія. Можно было бы значительно понизить расходы, связанные съ введеніемъ практическихъ занятій по фронтальной системѣ, если бы учебныя заведенія въ одномъ и томъ же городѣ выписывали сообща необходимые приборы и затѣмъ по очереди въ заранѣе расписанные сроки пользовались ими, или, если бы учебныя заведенія имѣли возможность доставать необходимые приборы изъ какого-нибудь центрального учрежденія, окружнаго музея. Въ крайнемъ случаѣ приходится выставлять одновременно двѣ или три работы и удлинять промежутки между классными объясненіями и лабораторными опытами. При большомъ составѣ класса (40 человекъ), помѣщеніе можетъ оказаться недостаточнымъ и руководство становится чрезмѣрно труднымъ. Тогда приходится учащимся разбивать на двѣ очереди. Если одновременно въ ходу другія практическія занятія (на примѣръ по химіи), то одна половина класса можетъ заниматься химіей, а другая физикой.

Въ случаѣ недостатка приборовъ можно на одной работѣ занять нѣсколькихъ учениковъ, заранее распредѣливъ между ними роли. Такъ напримѣръ при опредѣленіи коэффиціента полезнаго дѣйствія электрическаго нагревателя, одинъ ученикъ взвѣшиваетъ калориметръ, другой составляетъ электрическую цѣпь, третій замыкаетъ токъ и пускаетъ въ ходъ секундомѣръ, четвертый дѣлаетъ отсчетъ термометра, пятый въ началѣ каждой минуты, записываетъ показанія амперметра и вольтметра, шестой перемѣшиваетъ воду. Такая система педагогична въ томъ смыслѣ, что каждый участникъ является отвѣтственнымъ за успѣхъ измѣренія, но съ другой стороны ученики испытываютъ полное удовлетвореніе только тогда, когда они сами продѣлываютъ всѣ манипуляціи.

Въ большинствѣ случаевъ практическія занятія служили лишь иллюстраціями отдѣльныхъ моментовъ теоретическаго курса. Между тѣмъ имѣетъ право на существованіе и другой методъ построения курса: можно приурочивать нѣкоторыя главы теоретическаго курса къ практическимъ занятіямъ. Есть попытки въ младшихъ классахъ базировать изложеніе курса на самостоятельныхъ опытахъ учащихся (И. Глинка. Лабораторные уроки въ средней школѣ). Тогда при объясненіяхъ учителя въ сознаніи учащихся будутъ возникать правильные образы и имъ будетъ легче слѣдить за изложеніемъ.

Наиболѣе благоприятныя условія создаются, когда классъ примыкаетъ къ лабораторіи и въ случаѣ необходимости учащіеся могутъ въ предѣлахъ одного урока перейти изъ класса въ лабораторію. Нѣкоторые простѣйшіе опыты могутъ быть произведены и въ самомъ классѣ.

Въ старшихъ классахъ нѣкоторыя важныя работы также могутъ быть центромъ, вокругъ котораго можно группировать разныя свѣдѣнія, зарегистрированныя обычно въ разныхъ отдѣлахъ курса. Такъ, напримѣръ, въ устныхъ или печатныхъ объясненіяхъ къ практическимъ работамъ, можно дать всѣ свѣдѣнія объ измѣрительныхъ приборахъ по мѣрѣ того, какъ въ нихъ возникаетъ необходимость,—при измѣреніи мощности дуговой лампы переменнаго тока объяснить

дѣйствіе понижающаго трансформатора, послѣ измѣренія числа ваттъ на свѣчу дать характеристику электрическихъ источниковъ свѣта и выяснитъ вліяніе разныхъ факторовъ на ихъ экономичность. Такая группировка учебнаго матеріала обезпечиваетъ интересъ къ предмету со стороны учащихся. Несомнѣнно также, что въ другихъ случаяхъ представляетъ большой интересъ опытная провѣрка формулъ, полученныхъ изъ соображеній теоретическаго свойства.

При постановкѣ практическихъ занятій по физикѣ необходимо имѣть въ виду два педагогическихъ принципа: раздѣленіе трудностей и интересъ. Существуетъ нѣсколько руководствъ, въ которыхъ очень строго проведенъ первый принципъ; но нѣтъ ни одного руководства, гдѣ авторъ стремился бы опираться на интересъ самихъ учениковъ. Между тѣмъ несомнѣнно, что курсъ физики долженъ быть гармоничнымъ, законченнымъ и мотивированнымъ въ сознаніи самихъ учащихся. Практическія занятія не должны вырождаться въ искусство для искусства и представлять собой рядъ отдѣльныхъ, не связанныхъ между собой общей идеей работъ. Такія работы, какъ опредѣленіе діаметра проволоки, толщины пластинки, удѣльнаго вѣса, теплоемкости, показателя преломленія фокуснаго разстоянія и т. д., будутъ представлять ограниченный интересъ для учениковъ, если они не будутъ связаны съ рѣшеніемъ какого нибудь пракческаго вопроса и будутъ совершенно изолированы одна отъ другой. Между тѣмъ не трудно при нѣкоторомъ вниманіи къ интересамъ учащихся подыскать рядъ задачъ, представляющихъ жизненный интересъ и для рѣшенія которыхъ приходится пользоваться калибромѣромъ, вѣсами, термометромъ, калориметромъ, микроскопомъ и т. д. Такъ напр, опредѣленіе удѣльнаго вѣса металловъ и сравненіе полученныхъ результатовъ съ таблицей удѣльныхъ вѣсовъ, даетъ возможность узнать родъ металла; опредѣленіе удѣльнаго вѣса молока или нефти—качество этихъ продуктовъ; зная діаметръ проволоки и рыночную стоимость мѣди можно вычислить стоимость проводовъ для электрической установки; по показателю преломленія можно отличить масло отъ маргарина и т. д.

Знаніе теплоемкости мѣди можетъ пригодиться при вычисленіи коэффиціента полезнаго дѣйствія (К. П. Д.) прибора Гримзеля, въ которомъ мѣдный конусъ, служащій резервуаромъ воздушнаго термометра, трется о внутреннія стѣнки деревяннаго цилиндра.

Измѣреніе сопротивленія якоря и электромагнитовъ мотора даетъ возможность въ дальнѣйшемъ подсчитать энергію, которая тратится въ самомъ электромоторѣ на нагрѣваніе.

Интересъ къ спектроскопу можетъ быть усиленъ, если обратить вниманіе учениковъ, что по появленію полосъ между линіями В, С и D можно судить о близости дождя и значить пользоваться спектроскопомъ для предсказанія погоды.

Объясненія къ практическимъ работамъ не должны быть редактированы такъ, чтобы на долю учащихся выпадала роль автоматовъ, исполняющихъ рядъ предписанныхъ дѣйствій.

Чтобы не поощрять „дѣятельность безъ ума“, слѣдуетъ избѣгать готовыхъ формулъ и схемъ: объясненіе должно заключать въ себѣ основную идею опыта, описаніе приборовъ и указаніе нѣкоторыхъ мѣръ предосторожностей при обращеніи съ приборами.

Вопросъ о выборѣ темъ для практическихъ работъ рѣшается просто, если признать, что учащіеся 1) должны умѣть обращаться съ приборами и установками, встрѣчающимися въ обыденной жизни, измѣрять энергію, поглощаемую нѣкоторыми машинами, приборами и установками, и опредѣлять К. П. Д. нѣкоторыхъ важныхъ установокъ и 2) должны на практикѣ ознакомиться съ методами, которыми пользуются для раскрытія зависимости между физическими величинами и для опредѣленія физическихъ постоянныхъ.

Къ числу работъ перваго типа можно напримѣръ отнести слѣдующія:

- 1) проводка звонковъ,
- 2) устройство пожарной сигнализациі,
- 3) устройство электрическаго освѣщенія,
- 4) телефонное сообщеніе между двумя пунктами,
- 5) устройство сигнальной и пріемной станціи искровой телеграфіи (S. 1913, № 4),

6) давленіе воды въ водопроводѣ (закрытый манометръ); водяной счетчикъ,

7) давленіе газа (открытый манометръ); газовый счетчикъ,

8) измѣреніе количества воздуха, нагнетаемаго вентиляторомъ,

9) экономичность горѣлокъразнаго типа (S. 1912, № 3)

10) измѣреніе влажности психрометромъ Августа.

11) опредѣленіе теплоты сгоранія твердыхъ и жидкихъ горючихъ матеріаловъ (Z. 1908, № 3).

12) увеличеніе микроскопа,

13) поле зрѣнія и увеличеніе зрительной трубы,

Всѣ перечисленныя работы легко могутъ быть приведены въ связь съ элементарнымъ курсомъ физики, могутъ подготовить учащихся къ усвоенію болѣе трудныхъ вопросовъ, развитъ въ нихъ активность, наблюдательность и интересъ къ физикѣ.

При проводкѣ звонковъ учащіеся знакомятся съ устройствомъ и дѣйствіемъ электромагнита и съ т. наз. двухпроводной системой: примитивную пожарную сигнализацию можно устроить, воспользовавшись неодинаковой расширяемостью желѣза и мѣди; небольшая установка электрическаго освѣщенія (съ лампочками „Mignon“ вмѣсто обычныхъ лампъ, причемъ источникомъ тока служитъ небольшая батарея аккумуляторовъ, а въ качествѣ предохранителей тонкія свинцовыя проволочки) даетъ возможность выяснитъ законы развѣтвленія токовъ, показать эффектъ короткаго замыканія, объяснить дѣйствіе выключателей и переключателей. Къ этой работѣ можно привлечь цѣлый классъ.

Инвентарь для сигнальной радіостанціи состоитъ изъ небольшой спирали, искрового промежутка со свинцовыми шариками и антенны, располагаемой около потолка; въ качествѣ детектора можно воспользоваться либо мостикомъ изъ желѣзныхъ опилокъ (R. II, 407), либо, еще лучше, ключемъ съ платиновымъ контактомъ, касающимся кусочка кремнезема (S. 1913, № 4). Дешевы принимаются на слухъ въ телефонъ.

Для того чтобы работа учащихся протекала въ наиболѣе благоприятныхъ, съ точки зрѣнія гигиены, условіяхъ, темне-

ратура помещенія не должно быть выше 20° С, воздухъ не долженъ быть очень сухимъ (гигрометръ долженъ давать влажность отъ 55—65 %) и долженъ быстро обмѣниваться. Если температура комнатнаго воздуха чрезмѣрно высока, то выдыхаемые газы не поднимаются вверхъ, а образуютъ зону вокругъ нашего тѣла, такъ что мы дышемъ испорченнымъ воздухомъ. Очень сухой воздухъ отнимаетъ влагу отъ слизистыхъ оболочекъ, что можетъ повлечь за собой заболѣваніе дыхательныхъ путей. Въ виду этихъ соображеній, измѣреніе температуры влажности комнатнаго воздуха, и количества свѣжаго воздуха, нагнетаемаго вентиляторомъ, приобретаетъ жизненный интересъ для учащихся.

Къ числу работъ, сознательное отношеніе къ которымъ требуетъ болѣе солидной теоретической подготовки, можно отнести слѣдующія:

- 14) примѣненіе мостика Уитстона къ отысканію поврежденій изоляціи.
- 15) число ваттъ на свѣчу, потребляемыхъ калильными лампами,
- 16) мощность, потребляемая дуговой лампой проэкторнаго фонаря,
- 17) коэффициентъ полезнаго дѣйствія (К. П. Д.) электрическаго нагревателя,
- 18) провѣрка счетчика,
- 19) измѣреніе мощности пароваго или газоваго двигателя,
- 20) опредѣленіе механическихъ потерь по способу самоторможенія,
К. П. Д. электромотора постояннаго тока,
- 22) К. П. Д. прибора Гримзеля, предназначеннаго для опредѣленія механическаго эквивалента теплоты.

Нѣсколько замѣчаній по поводу отдѣльныхъ работъ.

Интересъ къ мостику Уитстона значительно повышается, когда учащіеся будутъ знать, что примѣненіемъ его можно открыть поврежденія изоляціи, вызывающія утечку электрической энергіи. Опредѣленіе числа ваттъ на свѣчу представляетъ не только жизненный интересъ для учащихся (за электрич. энергію надо платить), но и высокой теоретиче-

ской интересъ. Результаты измѣренія подтверждаютъ во всѣхъ деталяхъ справедливость теоретической формулы:

$$W = \frac{\pi E^2 d^2}{4\rho \Phi l}$$

которую легко вывести на основаніи простыхъ соображеній.

При измѣреніи мощности дуговой лампы слѣдуетъ обратить вниманіе учениковъ, что съ увеличеніемъ разстоянія между уголями вольтажъ растетъ, а сила тока падаетъ, что дуга горитъ спокойно лишь при опредѣленномъ режимѣ, что несравненно выгоднѣе трансформировать токъ, чѣмъ поглощать излишніе вольты реостатомъ, и наконецъ, что сѣченіе шнура, ведущаго къ лампѣ, должно быть довольно велико (6—8 мм.), т. к. при соприкосновеніи углей, сила тока достигнетъ замѣтной величины. Учащіеся должны стремиться къ тому, чтобы, регулируя разстояніе между уголями и сопротивленіе реостата, добиться спокойнаго горѣнія дуги. Въ курсѣ опыта можно предложить ученикамъ измѣрить увеличенія фонаря и добиться optimum'a при проэктированіи картины и горизонтальныхъ предметовъ.

Результаты работы 17 интересно сопоставить съ прежними измѣреніями экономичности разныхъ керосиновыхъ, спиртовыхъ, газовыхъ горѣлокъ. Съ педагогической точки зрѣнія, мнѣ кажется, болѣе правильнымъ опредѣлять К. П. Д. электрическаго чайника, чѣмъ термической эквивалентъ одного ватта. Опредѣленіе переводныхъ множителей разныхъ видовъ энергіи требуетъ весьма точныхъ измѣреній и не можетъ быть осуществлено въ обстановкѣ среднешкольной лабораторіи.

По тѣмъ же мотивамъ претенціозную работу—опредѣленіе механическаго эквивалента теплоты—лучше пустить подъ флагомъ: опредѣленіе К. П. дѣйствія прибора Гримзеля.

Къ сожалѣнію послѣдній приборъ не относится къ разряду техническихъ и потому вычисленіе его К. П. дѣйствія представляетъ проблематическій интересъ. Если въ лабораторіи имѣется бензиновый двигатель, можно зная

расходъ и теплопроизводительную способность бензина, и измѣривъ мощность двигателя, опредѣлить его К. П. Д.

Для измѣренія мощности двигателя не возникаетъ необходимости въ сложныхъ приспособленіяхъ: необходима лишь пара пружинныхъ вѣсовъ, часы и счетчикъ числа оборотовъ.

Для выполнения работы 20 необходимо счетчикъ, немедленно показывающій число оборотовъ. Работа эта связана съ изящнымъ примѣненіемъ графическаго метода. Получивъ изъ наблюдений кривую, показывающую, какъ послѣ выключенія мотора изъ сѣти, измѣняется съ теченіемъ *времени* (t) его *угловая скорость* (ω) и построивъ подкасательныя для разныхъ точекъ кривой $\omega=f(t)$, можно узнать механическія потери, такъ какъ послѣднія пропорціональны величинѣ подкасательныхъ.

К. П. Д. электромотора постоянного тока можно опредѣлить, измѣривъ мощность его вала и сдѣлавъ отчетъ амперметра и вольтметра.

Многія изъ перечисленныхъ работъ даютъ матеріаль для задачъ, интересныхъ потому, что данныя добыты измѣреніями самихъ учащихся.

Конечно, эти данныя можно видоизмѣнять, примѣнительно къ большимъ установкамъ; причемъ интересъ къ задачамъ не будетъ утраченъ, такъ какъ всѣ детали расчета ясны для учениковъ. Въ связи съ физическимъ практикумомъ можно предложить ученикамъ вычислить сопротивление нагрѣвателей, лампъ, электромоторовъ, узнать, сколько стоитъ вскипятить любую мѣру кипятку, сколько надо заплатить за горѣніе лампъ, за энергію израсходованную дуговой лампой при проэктированіи въ теченіе часа свѣтовыхъ картинъ, опредѣлить плату за энергію по двумъ показаніямъ счетчика, вычислить во что обходится каждая остановка и каждый пускъ въ ходъ трамвая (масса и нормальная скорость трамвая должны быть извѣстны).

Высокую педагогическую цѣнность представляютъ собой тѣ работы, для выполнения которыхъ требуется знаніе нѣсколькихъ отдѣловъ физики. Значеніе этихъ работъ легко себѣ уяснить, принявъ во вниманіе, что большинство от-

крытій и техническихъ изобрѣтеній удалось благодаря примѣненію свѣдѣній и наблюдений, зарегистрированныхъ въ разныхъ отдѣлахъ физики.

Главный недостатокъ обычнаго систематическаго изложенія курса физики заключается въ томъ, что въ немъ отсутствуютъ главы, связующія воедино разные отдѣлы физики. Необходимо чаще прибѣгать къ аналогіямъ и иллюстрировать нѣкоторые важные принципы, напр. законъ сохранения энергіи, принципъ обратимости, принципъ Лешателье—Брауна, примѣрами, взятыми изъ разныхъ отдѣловъ физики.

Къ числу работъ, служащихъ для раскрытія зависимости между разными физическими величинами и для опредѣленія постоянныхъ, можно отнести слѣдующія работы:

23) Законъ Архимеда и его примѣненіе къ опредѣленію удѣльнаго вѣса твердыхъ и жидкихъ тѣлъ.

24) Законъ Бойль-Мариотта (2 стеклянныхъ трубки, соединенныхъ резиновой трубкой, на штативѣ со шкалой).

25) Вѣсъ одного см³ воздуха.

26) Опредѣленіе линейнаго коэффиціента расширенія металловъ.

27) Коэффиціентъ расширенія воздуха.

28) Опредѣленіе теплоемкости по способу смѣшенія.

29) Опредѣленіе температуры газоваго пламени калориметрическимъ способомъ.

30) Опыты съ термоскопомъ Лозера.

31) Законъ отраженія свѣта.

32) Законъ преломленія свѣта.

33) Методъ Фраунгофера для опредѣленія показателя преломленія призмъ.

34) Упражненія со спектроскопомъ.

35) Измѣреніе длины звуковой волны.

36) Измѣреніе длины свѣтовой волны (S. 1913, № 1).

37) Машина Атвуда.

38) Наклонная плоскость.

Знакомство и экспериментированіе съ термоскопомъ Лозера очень важно съ принципиальной точки зрѣнія, въ виду того, что этотъ приборъ представляетъ собой соеди-

неніе двухъ одинаковыхъ воздушныхъ термометровъ. Измѣняя условія, въ какихъ находятся резервуары обоихъ термометровъ, можно произвести много сравнительныхъ наблюдений. Къ такому методу очень часто прибѣгаютъ въ естественно-научныхъ и даже въ соціально-экономическихъ изслѣдованіяхъ. Но въ то время, какъ естественники не могутъ быть увѣрены, что передъ ними два совершенно одинаковыхъ растенія или животныхъ, физика находится въ несравненно лучшемъ положеніи.

Для выполнения нѣкоторыхъ изъ перечисленныхъ работъ приходится принимать во вниманіе тѣ условія, при которыхъ протекаетъ опытъ и вводить разныя поправки на температуру, давленіе и т. д. Не слѣдуетъ стремиться къ тому, чтобы учащіеся на практическихъ занятіяхъ опредѣляли непременно всѣ тѣ постоянныя, которыя встрѣчаются въ курсѣ; съ педагогической точки зрѣнія гораздо важнѣе, чтобы они умѣли при нѣкоторыхъ измѣненіяхъ, напр. при опредѣленіи вѣса см³ воздуха, при 0° и 760 мм. давленія, вводить необходимыя поправки и пользоваться имѣющимися въ лабораторіи таблицами.

Очень важно, также предостерегать учащихся отъ безплодныхъ и утомительныхъ вычисленій, дающихъ фактическую точность въ 10 и болѣе цифръ, и приучить ихъ къ сокращеннымъ вычисленіямъ и, можетъ быть, также къ обращенію съ логарифмической линейкой.

Большинство учебныхъ плановъ по физикѣ отличаются нѣкоторой искусственностью въ томъ смыслѣ, что выборъ учебнаго матеріала и темъ для практическихъ занятій заранѣе предрѣшенъ, независимо отъ того, какой интересъ избранная глава и вопросъ представляютъ для учащихся. Кромѣ того, много промаховъ и недоразумѣній происходитъ отъ незнакомства учащихся съ конструкціей приборовъ, съ которыми имъ приходится встрѣчаться въ въ лабораторіи. Въ виду этого, заслуживаетъ особаго вниманія попытка нѣкоторыхъ педагоговъ использовать классъ ручного труда для нуждъ физической лабораторіи и создать живую связь между теоріей и практикой. Идея заключается въ слѣдующемъ. Сначала въ классѣ обсуждается

(по инициативѣ учащихся) какое-нибудь физическое явленіе или техническое изобрѣтеніе и намѣчаются способы, опыты и приборы для изученія этого явленія. Затѣмъ, въ классѣ ручного труда изготавливаются соответственные приборы, а въ лабораторіи производятся измѣренія.

Приведу нѣсколько примѣровъ. Предположимъ, что возникъ вопросъ о причинѣ холода въ верхнихъ слояхъ атмосферы и высказано предположеніе, что причиной является охлажденіе воздуха вслѣдствіе расширенія. Для провѣрки этого предположенія можно воспользоваться воздушнымъ насосомъ, какъ приборомъ, служащимъ для разрѣженія воздуха, помѣстивъ подъ колоколь чувствительный термометръ. Если чувствительность послѣдняго окажется недостаточной, можно приготовить небольшой воздушный термометръ*) и помѣстить его резервуаръ подъ колоколь воздушнаго насоса, или термобатарейю**), пропустивъ проволоку черезъ пробку т. о., чтобы одна серія спаевъ находилась въ сообщеніи съ воздушнымъ насосомъ, а другая съ атмосфернымъ воздухомъ. Послѣдовательное проведеніе такого метода, очевидно, неосуществимо въ средней школѣ, при обязательныхъ практическихъ занятіяхъ, т. к. количество труда и времени, затраченнаго на изготовленіе приборовъ, не находится ни въ какомъ соответствіи съ той пользой, какую приборы могутъ оказать при изученіи физики. Но, во всякомъ случаѣ, учителю физики надо имѣть въ виду, что онъ можетъ использовать классъ ручного труда для пополненія физической лабораторіи.

Въ классѣ ручного труда могутъ быть изготовлены:

Проволочные каркасы (для опытовъ съ поверхностнымъ натяженіемъ (Z. 1912, II), форма для отливанія парафиновыхъ пластинокъ (Z. 1912, № 4), ламповые, проволочные и угольные реостаты (S. 1912, № 4), жидкій реостатъ (S. 1912, VI), электролитическій прерыватель (S. 1910, VII), приборъ для опытовъ съ индукціей токовъ (S. 1913, III), элементы, электромоторы, телефоны (Z. 1906, № 4), клавиши Морзе,

*) R. II 127.

**) R. II 126.

выключатели и переключатели разных системъ, разные приспособленія къ штативамъ Гольца, для опытовъ, относящихся къ различнымъ отдѣламъ физики (Z. 1911, № 1), наконецъ много простыхъ приборовъ для опытовъ по электростатикѣ. По оптикѣ легко могутъ быть изготовлены фотометры (R., I, 314), стробоскопическіе круги, камера съ отверстиемъ (R., I, 311) и т. д. Нѣсколько труднѣе изготовленіе рѣшетчатого спектрометра (S. 1913, I) и дешеваго гониометра (Z. 1912, III), но выполненіе этихъ работъ можно доставить большое удовлетвореніе, тѣмъ болѣе, что эти самодѣльные приборы могутъ на практическихъ занятіяхъ замѣнить дорогіе заграничныя приборы. Подходящими темами изъ механики могутъ быть: машины Атвуда (S. 1912, VI), наклонная плоскость, модели механизмовъ и летательныхъ аппаратовъ.

Физическій кабинетъ можетъ быть значительно обогащенъ, если въ классѣ ручного труда преподается также стеклодувное искусство. Много интересныхъ темъ для работъ, читатели могутъ найти въ классическомъ трудѣ К. Розенберга: „Experimentierbuch f. d. Unterricht in der Naturlehre“; въ 3-томномъ трудѣ Гана, „Physikalische Freihandversuche“ и въ книгѣ Вейлера, „Der praktische Elektriker“.

Чѣмъ меньше составъ класса, тѣмъ болѣе благоприятны условія для работы учителя и тѣмъ больше шансовъ для успѣшности учениковъ, особенно въ физикѣ индивидуальный методъ обученія можетъ привести къ блестящимъ результатамъ. Вотъ почему до сихъ поръ нѣкоторые педагоги стоятъ за необязательность практическихъ занятій.

Переходя къ вопросу о содержаніи курса физики и распредѣленіи учебнаго матеріала по центрамъ, я долженъ прежде всего замѣтить, что курсъ можетъ быть значительно расширенъ и углубленъ, при условіи рациональной постановки природовѣденія въ младшихъ классахъ и реформированія курса математики въ среднихъ и старшихъ классахъ. На урокахъ природовѣденія можно ознакомить дѣтей со многими физическими явленіями, опираясь на ихъ опытъ и по возможности избѣгая всякой теоріи и, особенно схоластики. Въ возрастѣ отъ 9 — 12 лѣтъ учащіеся,

всея явленія оцѣниваютъ съ антропоморфической точки зрѣнія и съ этимъ фактомъ необходимо считаться при демонстрированіи опытовъ и постановкѣ лабораторныхъ занятій. Дѣти должны *почувствовать*, что мѣдь лучше проводитъ теплоту, чѣмъ стекло или дерево, что воздухъ давитъ на тѣло, что сопротивление воздуха уменьшаетъ скорость движущихся тѣлъ, что свинецъ плотнѣе алюминія, должны видѣть, что тѣла отъ нагрѣванія расширяются, что вода испаряется, что звучащее тѣло колеблется. Интересъ къ урокамъ физики будетъ обезпеченъ, если учитель постоянно будетъ имѣть въ виду кругъ интересовъ и личный опытъ учащихся.

Нѣкоторыя работы измѣрительнаго характера, физическое содержаніе которыхъ минимально, могутъ быть отнесены къ курсу математики. Координированіе программъ математики и физики можетъ привести къ оживленію уроковъ математики и къ выигрышу времени для прохожденія курса физики. Съ этой точки зрѣнія полезно включить въ программу математики младшихъ и среднихъ классовъ измѣреніе длины, площадей и объемовъ, измѣреніе плотности твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ, опредѣленіе коэффициента линейнаго расширения, знакомство съ метрической системой и съ такими общеупотребительными приборами, какъ нониусъ, штангенъ-циркуль, вѣсы, термометръ, барометръ; далѣе, графическое и аналитическое выраженіе закона прямой и обратной пропорціональности, опредѣленіе синуса и тангенса. Въ старшихъ классахъ, для цѣлей физики необходимо ознакомить учащихся съ показательной и тригонометрической функціей и съ элементами дифференціального и интегрального исчисленія. Въ крайнемъ случаѣ, суррогатомъ высшей математики можетъ служить графическій методъ.

Въ заключеніе, я приведу краткій перечень тѣхъ вопросовъ, которые, на мой взглядъ, могутъ войти въ курсъ средней школы, при указанномъ числѣ часовъ. Тема для практическихъ работъ отмѣчена курсивомъ. Само собой разумѣется, что составленіе программы является лишь однимъ изъ возможныхъ рѣшеній; нѣкоторые отдѣлы могутъ

быть выпущены или замѣнены другими, можетъ быть дано предпочтеніе другому распредѣленію учебнаго матеріала и другимъ иллюстраціямъ изъ области обыденной жизни и техники. Выборъ техническихъ приложений вообще можетъ быть поставленъ въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, интересовъ учащихся и отъ степени распространенія извѣстныхъ машинъ и установокъ. При прочихъ, равныхъ условіяхъ, предпочтеніе можетъ быть дано наиболѣе популярнымъ и распространеннымъ отраслямъ промышленности и техники (велосипедъ, автомобиль, двигатели внутреннего сгорания, паровая турбина, электрическое освѣщеніе и т. д.).

V классъ (3 урока).

Равноплечій рычагъ. Вѣсы.

Вѣсъ воздуха, углекислаго газа и водорода. Сопротивленіе воздуха. Вѣтеръ. Вѣтряныя мельницы. Законъ Паскаля. Гидравлическій прессъ. Воздушная почта.

Давленіе на дно и на стѣнки сосуда. Водоснабженіе города и устройство водопровода.

Законъ Архимеда. Вѣсы Вестфаля. Ареометръ. Подъемная сила воздушнаго шара.

Законъ Бойль-Мариотта. Манометры. Давленіе воды въ водопроводъ (закрытый манометръ). Давленіе газа (открытый манометръ). Воздушный насосъ. Опыты: разрывъ пузыря, ртутный дождь, морщинистое яблоко, Героновъ шаръ, фонтанъ, магдебургскія полушарія.

Водяные насосы (всасывающій и нагнетательный). Пожарная труба. Сифонъ Ливеръ Пипетка.

Дѣйствіе струи.

Водоструйный насосъ. *Водяной счетчикъ.* Инжекторъ. Газовые часы. Гидравлическій таранъ. Турбина. Вентиляторъ. *Измѣреніе количества воздуха, выталкиваемого вентиляторомъ.*

Водяное и паровое отопленіе. Холодильники. *Измѣреніе влажности.*

Опредѣленіе сравнительной экономичности разныхъ нагревателей. Газовая плита.

Основныя магнитныя явленія.

Основныя явленія электростатики. Громоотводъ. Сегнерово колесо и колесо Франклина.

Электрическая цѣпь:

Проводка звонковъ. Пожарная сигнализациа. Устройства электрическаго освѣщенія.

Сообщеніе между двумя телефонными пунктами.

Беспроволочный телеграфъ.

Примѣненіе для регистрированіе грозъ.

Прямолинейное распространеніе свѣта.

Законъ отраженія и преломленія свѣта. Камера съ отверстиемъ.

Скорость звука. Определеніе числа колебаній камертона. Сирена. Отраженіе звука. Эхо.

VI классъ (3 урока).

Тепловое расширеніе тѣлъ.

Коэффициентъ расширенія. Газовый термометръ. Формула Клапейрона. *Приведеніе высоты барометра къ нулю.* *Опытное определеніе вѣса кубическаго сантиметра воздуха.* Приведеніе плотности воздуха къ 0° и 760 мм. давленія. *Опредѣленіе теплоемкости.* Морской и континентальный климатъ. Вѣтры. *Опредѣленіе температуры газоваго пламени.* *Опредѣленіе теплоты сгорания.* Понятіе о силѣ, работѣ и мощности.

Выводъ Майера механическаго эквивалента теплоты.

Приборъ Джоуля.

К. П. Д. прибора Гримзеля.

Паровая машина.

Измѣреніе мощности паровой машины.

Скрытая теплота плавленія.

Зависимость точки плавленія отъ давленія.

Скрытая теплота парообразованія. Паровое отопленіе.

Зависимость точки кипѣнія отъ давленія. Примѣненіе къ полученію низкихъ температуръ и къ дезинфекціи.

Пары насыщающіе и ненасыщающіе пространство. Законъ Дальтона. Влажность абсолютная и *относительная*. Нормальная температура и нормальная влажность.

Физика матеріи.

Характеристика трехъ состояній. Аналогія между газами и жидкостями. Аналогія между жидкими и твердыми тѣлами.

Атомистическая теорія.

Поверхностное натяженіе.

Капиллярныя трубки.

Обращеніе газовъ въ жидкое состояніе. Адиабатическое сжатіе и адиабатическое расширеніе. Критическая температура. Машина Линде. Опытъ съ твердой углекислотой и жидкимъ воздухомъ.

Геометрическая оптика.

Фотометрія.

Плоское зеркало.

Выгнутое зеркало. Рефлекторъ.

Плоскопараллельная пластинка.

Призма.

Методъ Фраунгофера для опредѣленія показателя преломленія призмы.

Сферическія стекла. Цилиндрическія стекла. Рефракторъ.

Оптическая система маяка.

Проекціонный фонарь.

Труба Кеплера.

Фотографическій аппаратъ.

Микроскопъ.

Спектральный анализъ.

VII классъ (4 часа).

Нѣкоторыя свѣдѣнія изъ механики, необходимыя при прохожденія курса электричества.

Связь между силой, массой и ускореніемъ. Дина, эргъ, джоуль, ваттъ, киловаттъ—часъ.

Нѣкоторыя свѣдѣнія изъ электростатики.

Законъ Кулона.

Потенціалъ.

Графическое изображеніе.

Измѣреніе потенциала.

Електроемкость.

Диэлектрики.

Краткій обзоръ электрическихъ теорій.

Гипотеза двухъ жидкостей.

Унитарная гипотеза Франклина.

Гипотеза силовыхъ линій Фарадея.

Электронная теорія.

Основные законы электрическаго тока.

Элементъ Вольты

Сравнительная характеристика электрической машины и гальваническаго элемента.

Законъ Ома.

Законы развѣтвленія токовъ.

Паденіе напряженія въ цѣпи.

Короткое замыканіе.

Амперметръ и вольтметръ.

Измѣреніе электрической энергіи.

Тепловой эффектъ тока.

Приборы, измѣренія и установки.

Сравненіе сопротивленій.

Мостъ Уитстона.

Сопротивленіе гальванометра.

Примѣненіе мостика Уитстона къ отысканію поврежденій изоляціи.

Измѣреніе малыхъ сопротивленій.

Измѣреніе большихъ сопротивленій.

Градуированіе амперметра.

К. П. Д. электрическаго нагревателя.

Энергія, потребляемая дуговой лампой.

Добываніе азотной кислоты изъ воздуха.

Сопротивленіе калильныхъ лампъ, включенныхъ въ освѣтительную сеть.

Энергія, поглощаемая калильными лампами. Число ваттъ на свѣчу.

Электрическіе источники свѣта.

Факторы, вліяющіе на расходъ энергіи.

Яркость и напряженіе.

Схема установки электрическаго освѣщеніе

Физиологическое дѣйствіе тока.

Градуированіе термоэлемента.

Явленіе Пельтье.

Магнитное поле.

Магнитныя силовыя линіи.

Спектръ тока; соленоидъ.

Электромагнитъ.

Электродинамика.

Правило Симпсона.

Гальванометръ Гартмана и Брауна.

Зеркальный гальванометръ.

Измѣреніе Э. Д. Силы термопары.

Электромоторъ постоянного тока.

Обратимость электромотора.

Динамоэлектрической принципъ.

Основныя формулы электромотора.

К. П. Д. электромотора.

Моторъ и генераторъ.

Практическія примѣненія электромотора.

Электромагнетизмъ и индукція.

Магнитный потокъ.

Индукція.

Самондукція.

Коэффициентъ самондукціи.

Установленіе силы тока въ цѣпи.

Переменный токъ.

Экономичность переменнаго тока. Полученіе переменнаго тока. Альтернаторъ. Примѣненіе индуктора (магнита) для зажиганія взрывчатой смѣси въ двигателяхъ внутренняго сгорания. Свойства переменнаго тока. *Понижающій и повышающій трансформаторъ.*

Превращеніе переменнаго тока въ постоянный и постояннаго въ переменный. Конверторъ.

Электрическія колебанія и волны.

Колебательный разрядъ.

Механической резонансъ.

Акустическій резонансъ.

Электрической резонансъ.

Опытъ Лоджа.

Электромагнитныя волны.

Искровая телеграфія.

Электронная теорія и ученіе о радиоактивности.

Химическія дѣйствія тока.

Свинцовый аккумуляторъ.

Законъ Фарадея.

Гипотеза Гротгуса.

Гипотеза Клаузіуса.

Зарядъ атома.

Лучи Рентгена.

Радиоактивныя вещества.

Лучи α , β и γ .

Свойства радія.

Теорія распада атомовъ.

VIII классъ (3 часа).

I. Механика.

Абсолютная система единицъ.

Равномѣрное движеніе.

Движеніе равномерно ускоренное.

Графическое изображеніе законовъ движенія.

Связь между силой, массой и ускореніемъ. Машина Атвуда.

Движеніе по наклонной плоскости.

Законъ всемірнаго тяготѣнія. Земное притяженіе.

Графическое изображеніе работы. Измѣреніе мощности вращающагося вала. Основныя формулы электромотора. }

Сложеніе и разложеніе силъ. Центръ тяжести и условія равновѣсія. Опредѣленіе равнодѣйствующей, основанное на законѣ сохраненія энергіи.

Начало возможныхъ перемѣщеній и его примѣненіе къ простымъ машинамъ.

Работа, какъ мѣра энергіи. Законъ сохраненія энергіи.

Разсѣяніе энергіи. Принципъ Лешателье Брауна. Невозможность *perpetuum mobile* 1-го и 2-го рода.

Криволинейное движеніе. Центробѣжная сила.

Третій законъ Ньютона. Ударъ шаровъ упругихъ и неупругихъ. Баллистическіе вѣсы. Выводъ основной формулы кинетической теоріи газовъ.

Гармоническое колебательное движеніе. Математическій маятникъ.

Моментъ инерціи. Кинетическая энергія вращающагося вала. Связь между моментомъ силъ, моментомъ инерціи и угловымъ ускореніемъ. Физическій маятникъ.

II. Атомистическая теорія.

Кинетическая теорія газовъ. Скорость частицъ.

Постоянная Авогадро.

Постоянная молекулярной энергіи. Средняя длина пути. Число столкновеній въ секунду. Внутреннее треніе. Аналогія между законами для газовъ и для растворовъ. Убыль барометрическаго давленія съ высотой.

Убыль концентраціи эмульсіи Перрена съ высотой слоя.

Броуновское движеніе.

III. Нѣкоторыя свѣдѣнія изъ теоріи упругости и волнообразное движеніе.

Коэффициентъ растяженія и модуль Юнга. Абсолютное сопротивленіе.

Предѣлъ упругости. Допустимая нагрузка.

Распространеніе колебательнаго движенія: водяная звуковая и свѣтовая волны. Выводъ формулы для скорости распространенія звука въ твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлахъ. Формула Ньютона.

Опытъ Реньо. Формула Лапласа.

Скорость свѣта.

Интерференція водяныхъ волнъ. Интерференція звука и свѣта. Явленіе резонанса. Диффракція свѣта. *Опредѣленіе длины волнъ диффракціонной рѣшеткой.*

IV. Физическая картина міра.

Значеніе и удѣльный вѣсъ физическихъ гипотезъ и теорій. Точка зрѣнія Конта, Маха, Оствальда, Планка, Пуанкаре. Принципъ экономіи мышленія. Механическое міросозерцаніе. Энергетическое міровоззрѣніе и электронная теорія.

Первое и второе начало термодинамики.

Н. А. Томилинь.