

№ 413.

ВѢСТНИКЪ

ОПЫТНОЙ ФИЗИКИ

и

ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКИ,

издаваемый

*В. А. Теретовъ*

подъ редакцией

*Приватъ-Доцента В. Л. Кагана.*

XXXV-го Семестра № 5-й.

ОДЕССА.

Типографія Бланкоиздательства М. Шпенцера, ул. Новосельского, д. № 66.

1906

<http://voiem.ru>



Издательство научных и популярно-научных сочинений из области физико-математических наук.

## ВЫШЛИ ИЗЪ ПЕЧАТИ:

1. Г. АБРАГАМЪ, проф. **СБОРНИКЪ ЭЛЕМЕНТАРНЫХЪ ОПЫТОВЪ ПО ФИЗИКЪ**, составленный при участіи многихъ профессоровъ и преподавателей физики. Переводъ съ французскаго подъ редакціей Приватъ-доцента *Б. П. Вейнберга*. Часть I: Работы въ мастерской. Различные рецепты—Геометрія. Механика—Гидростатика. Гидродинамика. Капиллярность—Теплота—Числовыя таблицы.

Ученымъ Комитетомъ допущено въ ученическія бібліотеки среднихъ учебныхъ заведеній, учительскихъ семинарій и городскихъ, по Положенію 31 мая 1872 г., училищъ, а равно и въ бесплатныя народныя читальни и бібліотеки.

XVI+272 стр. Со многими (свыше 300) рисунками. Цѣна 1 р. 50к.

2. Г. АБРАГАМЪ, проф. **СБОРНИКЪ ЭЛЕМЕНТАРНЫХЪ ОПЫТОВЪ ПО ФИЗИКЪ**. Переводъ съ французскаго подъ редакціей Приватъ-доцента *Б. П. Вейнберга*. Часть II: Звукъ—Свѣтъ—Электричество—Магнетизмъ.

LXXV+434 стр. Со многими рисунками. Цѣна 2 р. 75 к.

3. С. А. АРРЕНІУСЪ, проф. **ФИЗИКА НЕБА**. Разрѣшенный авторомъ и дополненный по его указаніямъ переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей Приватъ-доцента *А. Р. Орбинскаго*. Содержание: Неподвижныя звѣзды—Солнечная система—Солнце—Планеты, ихъ спутники и кометы—Космогонія.

VIII+260 стр. Съ 66 черными и 2 цвѣтными рисунками въ текстѣ и 1 черной и 1 цвѣтной отдѣльными таблицами. Цѣна 2 руб.

Ученымъ Комитетомъ М. Н. П. допущено въ ученическія, старшаго возраста, бібліотеки среднихъ учебныхъ заведеній, а равно и въ бесплатныя народныя бібліотеки и читальни.

4. **УСПѢХИ ФИЗИКИ**, сборникъ статей о важнѣйшихъ открытіяхъ послѣднихъ лѣтъ въ общедоступномъ изложеніи. Подъ редакціей „Вѣстника Опытной Физики и Элементарной Математики“. Содержание: *Винеръ*, Расширеніе нашихъ чувствъ—*Пильчиковъ*, Радій и его лучи—*Дебіернъ*, Радій и радиоактивность—*Рихарцъ*, Электрическія волны—*Слаби*, Телеграфированіе безъ проводовъ—*Шмидтъ*, Задача объ элементарномъ веществѣ (основанія теории электроновъ).

IV+157 стр. Съ 41 рисункомъ и 2 таблицами. Цѣна 75 коп.

5. АУЭРБАХЪ, проф. **ЦАРИЦА МІРА И ЕЯ ТѢНЬ**. Общедоступное изложеніе основаній ученія объ *энергіи* и *энтропіи*. Пер. съ нѣмецкаго. Съ предисловіемъ Ш. Э. Гильома, Вице-директора Международнаго Бюро Мѣръ и Вѣсовъ.

VIII+56 стр. Цѣна 50 к.

6. С. НЬЮКОМЪ, проф. **АСТРОНОМІЯ ДЛЯ ВСѢХЪ**. Переводъ съ англійскаго. Съ предисловіемъ приватъ-доцента *А. Р. Орбинскаго*.

XXIV+286 стр. Съ портретомъ Автора, 64 рисунками въ текстѣ и 1 таблицей.

Цѣна 1 р 50 к.

## ПЕЧАТАЕТСЯ:

1. ВЕБЕРЪ и ВЕЛЬШТЕЙНЪ. **ЭНЦИКЛОПЕДІЯ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКИ**. Часть I. Энциклопедія элементарной алгебры, обраб. проф. *Веберомъ*. Переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей Приватъ-доцента *В. Ф. Казана*.

СЪ ТРЕБОВАНІЯМИ ОБРАЩАТЬСЯ:



Одесса, Типографія М. Шпенцера, ул. Новосельскаго, 66.



# Вѣстникъ Опытной Физики

и

## ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКИ.


 № 413.
 

**Содержаніе:** Памяти Θεодора Никифоровича Шведова. (Окончаніе). *И. Я. Тоцидловскаго.* — Магнито-оптическія явленія, *Д. Фефелова.* — Нѣсколько замѣчаній о „живой силѣ“ и „количествѣ движенія“. *Г. Бархова.* — Задачи для учащихся, №№ 731—736 (4 сер.). — Рѣшенія задачъ, №№ 622, 627, 628, 631, 632. — Объявленія.

### Памяти Θεодора Никифоровича Шведова.

*И. Я. Тоцидловскаго.*

(Окончаніе \*).

Научная дѣятельность *Θ. Н.* выразилась въ цѣломъ рядѣ работъ, разновременно напечатанныхъ имъ либо отдѣльными книгами, либо въ научныхъ журналахъ. За все время своей дѣятельности *Θ. Н. Шведовъ* напечаталъ болѣе сорока работъ. Не стану утомлять Вашего вниманія перечисленіемъ этихъ работъ и изложеніемъ ихъ содержанія, а остановлюсь только на болѣе крупныхъ его работахъ, чтобы подчеркнуть ту особенность, что *Θ. Н.* не былъ узкимъ специалистомъ въ одной какой-нибудь области и что пытливый умъ его останавливался часто на явленіяхъ, далеко выходящихъ за предѣлы физики, въ узкомъ смыслѣ этого слова.

Первая работа *Θ. Н. Шведова* подъ заглавіемъ „*Значеніи непроводниковъ въ электростатикѣ*“ была напечатана въ 1868 году и представлена имъ для соисканія степени магистра.

Вопросъ объ изоляторахъ въ то время былъ настолько слабо изслѣдованъ, что не было никакой возможности не только точно вычислить результаты опытовъ, но даже приблизительно опредѣлить ихъ напередъ. По мнѣнію *Рисса*, тогда много занимавшагося

\* ) См. № 411 „Вѣстника“.



этими вопросами, вся трудность заключается въ отсутствіи тѣхъ принциповъ, безъ которыхъ невозможно построение теоріи. *Θ. Н.*, ставши на ту точку зрѣнія, что „единственный путь къ отысканію этихъ принциповъ,—опытъ, что безъ него принципы могутъ оставаться вымыслами и теорія фикціей“, принимается за экспериментальное рѣшеніе вопроса о роли изолятора. Его задача найти ту зависимость, которая существуетъ между распределеніемъ электрическихъ массъ въ конденсаторѣ до и послѣ разряда и показаніями электрическаго термометра, черезъ который разрядъ производится. Хотя и до него нагрѣваніе въ разрядной искрѣ было предметомъ изслѣдованія весьма многихъ физиковъ, однако, не было ни одного способа, который могъ бы считаться вполне удовлетворительнымъ. Всѣ изслѣдователи до *Θ. Н.* для опредѣленія количества тепла, выделяемаго искрою, помѣщали термометры различнаго устройства либо вблизи искры, либо въ мѣстѣ, гдѣ она получается. Ясно, что перехватить такимъ путемъ всю энергію не удастся, ибо кромѣ ошибокъ опытовъ не поддается учету и то количество тепла, которое расходуется на свѣтъ и звукъ. Методъ, употребленный *Θ. Н. Шведовымъ*, допускалъ измѣреніе всей теплоты, происходящей въ искрѣ, и притомъ въ тѣхъ же единицахъ, въ какихъ опредѣляется нагрѣваніе во всей цѣпи. Методъ этотъ основанъ на томъ положеніи, что полная сумма всей работы или эквивалентной ей теплоты, производимой во всѣхъ частяхъ цѣпи, остается постоянною. Опыты распадались на 3 отдѣла: 1) опредѣленіе предѣловъ разряжаемаго электричества (по способу медленнаго разряженія), 2) опредѣленіе длины искры, соответствующей извѣстнымъ зарядамъ и 3) опредѣленіе нагрѣванія въ термометрѣ. Изслѣдуя различные изоляторы, *Θ. Н.* нашелъ, что между нагрѣваніемъ и толщиною изолятора существуетъ пропорціональность, соответствующая требованіямъ теоріи Гельмгольца и Клаузиуса. Однако, оказалось, что нагрѣваніе цѣпи при каучукѣ слишкомъ вдвое больше, нежели при стеклѣ, чего нельзя было никакъ согласовать съ тогдашнею теоріей. Въ виду такого несогласія теоріи съ фактами оставалось выбрать одно изъ двухъ: либо игнорировать фактъ и отказаться отъ пользы, которую могло бы принести его изученіе, либо подвергнуть критикѣ принципы теоріи. *Θ. Н.* предпочитаетъ послѣднее. На основаніи своихъ опытовъ онъ пришелъ къ слѣдующему оригинальному взгляду на строеніе тѣлъ: всѣ тѣла состоятъ изъ проводящихъ частицъ, раздѣленныхъ непроводящими промежутками. Проводимость тѣлъ зависитъ отъ разстоянія между частицами; проводимость тѣмъ лучше, чѣмъ разстояніе между проводящими частицами меньше—и обратно. На основаніи такого представленія относительно тѣлъ становятся понятными дурная проводимость газовъ, уменьшеніе проводимости простыхъ тѣлъ съ повышеніемъ температуры, нагрѣваніе при прохожденіи электричества и т. п.

Въ это же время у него зародилась мысль о возможности колебательнаго разряда лейденской банки, здѣсь же онъ наблю-



дать и звучащій конденсаторъ. Полученные результаты были приложены имъ къ устройству электрической машины, которая въ свое время считалась одною изъ наиболѣе сильныхъ электрофорныхъ машинъ.

Вторая работа: „О законахъ превращенія электричества въ теплоту“ напечатана въ 1870 году; это сочиненіе, какъ и предыдущее, относится къ теплотѣ, развиваемой при электрическомъ разрядѣ. Не смотря на то, что до 70-го года было сдѣлано въ этой области множество опытовъ, что Гельмгольдъ, Клаузиусъ и Томсонъ не мало поработали надъ разработкою теоріи этого явленія, тѣмъ не менѣе согласія между опытомъ и теоріей не было, экспериментаторъ даже приблизительно не могъ предвидѣть исхода извѣстной комбинаціи опытовъ. Экспериментаторы употребляли настолько различные методы изслѣдованія, что не было никакой возможности хотя бы сказать, откуда получаются разногласія: отъ ошибокъ наблюдений или отъ какого-либо физическаго фактора. *Θ. Н.* рѣшаетъ, что было бы не бесполезно: 1) повторить опыты относительно нагрѣванія при разрядѣ электричества по одному общему методу и по возможности съ одними и тѣми же измѣрительными приборами. 2) Свести теорію разряда электричества или электрическаго тока къ принципамъ динамики. Повторивъ огромное количество опытовъ своихъ предшественниковъ, *Θ. Н.* пришелъ къ заключенію, что нагрѣваніе въ различныхъ случаяхъ не есть функція одного только количества электричества, между электрическими элементами и нагрѣваніемъ не существуетъ эквивалентности, справедливой для всѣхъ случаевъ разряда. Всѣ наблюденныя явленія навели *Θ. Н.* на мысль о своевременности построенія теоріи электричества на первоначальныхъ представленіяхъ, къ которымъ относятся понятія о тѣлахъ, ихъ плотноти, упругости и движеніи. Основаніямъ динамической теоріи электрическихъ явленій посвящена вторая часть диссертациі. Всѣ извѣстныя въ то время электрическія явленія *Θ. Н.* объясняетъ пульсацией сферическихъ частицъ, изъ которыхъ можно представить себѣ состоящимъ тѣло. Здѣсь же мы встрѣчаемъ указаніе и на то, что въ свѣтовомъ эфирѣ должны существовать волны большой длины, производящія явленія, аналогичныя электрическимъ, т. е. явленія, обнаруженныя только въ 80-хъ годахъ Герцемъ.

Въ 1873 году имъ напечатана большая оригинальная статья подъ заглавіемъ: „Ueber Electricitätsstrahlen und die Gesetze ihrer Verbreitung und Zurückwerfung in leitenden Platten“.

Въ этой работѣ *Θ. Н.*, указавъ на то, что въ теоретической физикѣ чувствуется потребность свести явленія электрическія къ тому началу, на которомъ построены теоріи явленій волновыхъ: звука, свѣта и лучистой теплоты, объясняетъ неудачу попытокъ сдѣлать это тѣмъ, что для рѣшенія этихъ вопросовъ выбирался дедуктивный путь, при которомъ выборъ гипотезы зависитъ отъ личнаго вкуса, а успѣхъ отъ удачи выбора.



Θ. Н. приходитъ въ голову сравнить распространіе свѣта въ прозрачныхъ срединахъ съ распространіемъ электричества въ проводникахъ. Изъ оптики слѣдуетъ, что если вообразить себѣ неограниченную чрезвычайно тонкую прозрачную пластинку, помѣстить въ ея центрѣ свѣтящуюся точку, то сила свѣта измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ свѣтящейся точки; тотъ же результатъ полученъ Кирхгофомъ и для очень тонкой металлической пластинки съ полюсомъ посрединѣ. Далѣе авторъ на опытѣ показываетъ, что лучи электрическіе отражаются отъ края пластинки, однимъ словомъ находятъ, что:

1) Если полюсъ помѣстить на очень тонкой проводящей изолированной пластинкѣ, то сила дѣйствія этихъ лучей обратно пропорціональна ихъ длинѣ.

2) Если лучи падаютъ на прямолинейный край такой пластинки, то они отъ нея отражаются по закону — уголъ паденія равенъ углу отраженія.

3) Если отраженные лучи падаютъ на другой край, то они опять отражаются и по тому же закону.

4) При отраженіяхъ такихъ лучей не замѣчается никакой потери въ ихъ силѣ.

5) Отраженное изображеніе полюса дѣйствуетъ, какъ самый полюсъ; т. е. знакъ луча при отраженіи не измѣняется.

Такимъ образомъ Θ. Н. Шведовымъ была, въ числѣ первыхъ, сдѣлана попытка установить аналогію между электрическими и свѣтовыми явленіями.

Кромѣ чисто научныхъ физическихъ работъ среди статей Θ. Н. есть цѣлый рядъ статей болѣе легкихъ, полемическаго или критическаго характера, а не мало и популярныхъ. Оставляю ихъ въ сторонѣ и перехожу къ статьямъ другого содержанія; при этомъ долженъ замѣтить, что къ числу физическихъ изслѣдованій слѣдуетъ отнести результаты его двухлѣтней работы надъ электрическою искрою, только что начатой печатаніемъ. Къ сожалѣнію, въ данный моментъ объ этой работѣ ничего не могу сказать, такъ какъ совершенно незнакомъ съ ея содержаніемъ.

Въ концѣ 70-хъ годовъ Θ. Н. занялся вопросами астрофизики: онъ пробуетъ подыскать возможные причины образованія различныхъ формъ кометъ. Въ результатъ появилась въ 1877 году его работа: „*Idées nouvelles sur l'origine des formes cométaires*“. Всѣ философы, начиная съ Аристотеля и кончая Тиндалемъ, работали надъ рѣшеніемъ этого вопроса; съ тѣхъ поръ прошло свыше 22 вѣковъ, но задача все еще не рѣшена. Измѣненіе формы кометъ приписывалось дѣйствию солнца, но какія тутъ дѣйствовали силы, каково вещество, изъ котораго состоятъ эти пришельцы въ нашъ міръ, не выяснено. Пробовали придумывать два рода веществъ: одно, притягиваемое солнцемъ, другое — отталкиваемое; пробовали вычислять даже эту проблема-



тическую отталкивательную силу, но дѣло не спорилось: только что, казалось, объяснили одну форму, какъ появилась комета такого капризнаго вида, что самые ярые защитники той или другой теоріи безпомощно складывали оружіе. Явленіе кометъ особенно интриговало тѣмъ, что такія, повидимому, сложные явленія, какъ интерференція, диффракція, поляризація свѣта и т. п., въ теченіе какихъ-нибудь двухъ столѣтій получили весьма стройную теорію, тогда какъ наши представленія о строеніи кометъ мало чѣмъ отличались отъ Аристотелевыхъ. Что касается ядра, то въ его матеріальности никто не сомнѣвается, такъ какъ въ своемъ движеніи оно вполнѣ подчиняется законамъ тяготѣнія. Весь вопросъ въ хвостѣ: состоятъ ли онъ изъ матеріальныхъ частицъ или нѣтъ. Изъ наблюденій извѣстно лишь одно: хвостъ кометы производитъ извѣстное впечатлѣніе на нашъ глазъ. **Θ. Н.** полагаетъ, что по этому одному нельзя заключать, что хвостъ кометы состоитъ изъ матеріальныхъ частицъ. Чтобы имѣть право настаивать на матеріальности кометнаго хвоста, надо показать, что по крайней мѣрѣ одно изъ свойствъ вещества присуще хвосту. Оказывается, что хвостъ кометы не имѣетъ ни массы, ни плотности, совершенно прозраченъ, не преломляетъ свѣтовыхъ лучей: наконецъ, его движеніе противорѣчитъ законамъ тяжести и инерціи. Утверждать послѣ этого, что онъ тѣло матеріальное, можно лишь развѣ на томъ основаніи, что этотъ хвостъ есть тѣло, не обладающее ни однимъ изъ свойствъ тѣлъ. **Θ. Н.** ни на минуту не сомнѣвается, что въ хвостѣ кометы нѣтъ ничего вещественнаго. Сравнивая всѣ тѣла нашей солнечной системы, авторъ указываетъ на постоянство формъ планетъ и чрезвычайно быструю измѣнчивость кометъ. Причину этой разницы **Θ. Н.** видитъ въ томъ, что кометы движутся по орбитамъ съ очень большимъ эксцентриситетомъ и главнымъ образомъ, что междупланетное пространство не представляетъ абсолютной пустоты. По мнѣнію **Θ. Н.** въ кометѣ есть только ядро, все же остальное: хвосты, сіяніе, и т. д. суть не что иное, какъ волны, вызываемыя въ сопротивляющейся движенію междупланетной средѣ движеніемъ ядра кометы. Упомянутая среда наполняетъ собою всю солнечную систему и перемѣщается во вселенной вмѣстѣ съ нею. **Θ. Н.** думаетъ, что всѣ тѣла нашей солнечной системы—кометы. Отсутствіе же хвостовъ у планетъ онъ объясняетъ тѣмъ, что всѣ планеты движутся по орбитамъ мало отличающимся отъ круговъ и за время своего существованія успѣли увлечь за собою междупланетную среду. То же сдѣлали и спутники планетъ. Совершенно иначе обстоитъ дѣло съ кометами: ихъ орбиты весьма эксцентричны, разстояніе ихъ отъ солнца измѣняется въ весьма широкихъ предѣлахъ, поэтому комета не въ состояніи увлечь за собою междупланетную матерію и, входя въ нее постоянно какъ въ новую, производитъ цѣлый рядъ волнъ, разбѣгающихся во всѣ стороны; огибающая поверхность всѣхъ этихъ элементарныхъ волнъ есть истинная форма кометы, а геоцентрическая ея проекція—тотъ видъ кометы, какой



мы наблюдаемъ съ земли. Отсюда слѣдуетъ, что видъ кометы можно вычислить, когда будетъ извѣстна скорость движенія планеты въ различныхъ точкахъ неба. Эти свои разсужденія *Θ. Н.* старался подтвердить опытомъ; для этого въ сосудѣ съ основаніемъ въ 1 кв. метръ онъ двигалъ карандашъ и получаемыя отъ него волны по формѣ своей напоминали хвосты кометъ, если наблюдать ихъ соответствующимъ образомъ. Къ области астрофизики относится еще нѣсколько его работъ, какъ: „*Illusions astronomiques*“, 1878 г.; „*Théorie mathématique des formes cométaires*“, 1880 г. и др., въ которыхъ *Θ. Н.* старался подкрѣпить свое положеніе о строеніи кометныхъ хвостовъ или отстоять его противъ возраженій астрономовъ.

Отъ кометъ *Θ. Н.* переходитъ къ рѣшенію злободневнаго вопроса: онъ обратилъ вниманіе на то, что процентъ попаданія боевыхъ снарядовъ въ цѣль, если только разстоянія послѣдней отъ орудія значительны или быстро измѣняются, весьма незначителенъ. *Θ. Н.* принимается за рѣшеніе задачи о прицѣльномъ дальномѣрѣ, описаніе котораго приведено въ его работѣ: „Прицѣльный дальномѣръ, какъ новое средство береговой обороны и морской атаки“, напечатанной въ 1877 году. И здѣсь сказался физикъ-экспериментаторъ, старающійся не только дать методъ, но и приборъ, лишенный, по возможности, источниковъ ошибокъ. Хотя весь приборъ состоитъ изъ уровня, аккуратно раздѣленной линейки, небольшого визирнаго отверстія и иглы, однако, ошибка при опредѣленіи разстоянія не превышаетъ одного процента, какъ это выяснилось изъ изслѣдованій, произведенныхъ артиллеристами по распоряженію начальника береговой обороны. Какова судьба этого прибора и примѣняется ли онъ въ нашихъ войскахъ, мы неизвѣстно; судя по результатамъ стрѣльбы въ японскую войну, о немъ забыли, не замѣнивъ его лучшимъ.

Поработалъ *Θ. Н.* и въ области физической географіи. Вѣроятно, огромное большинство присутствующихъ помнитъ его докладъ въ этомъ самомъ обществѣ подъ заглавіемъ: „Дерево, какъ лѣтопись засухъ“, сдѣланный имъ въ 1892 году въ годичномъ засѣданіи Общества. Поднявъ на улицѣ срѣзанный кусокъ дерева, *Θ. Н. Шведовъ* обратилъ вниманіе на толщину слоевъ, а сравнивъ ее съ записями мѣстной метеорологической станціи, указалъ методъ опредѣленія дождливыхъ и сухихъ годовъ: чѣмъ слой толще, тѣмъ годъ былъ дождливѣе — и обратно. Такимъ образомъ дерево является, какъ онъ указалъ, однимъ изъ самопишущихъ приборовъ.

Болѣе крупная работа *Θ. Н.* въ этой области относится къ началу восьмидесятыхъ годовъ и напечатана въ *Ж. Р. Ф. Х. О.* за 1880 годъ, подъ заглавіемъ: „Что такое градъ“. Въ этой работѣ *Θ. Н.* изъ цѣлаго ряда въ высшей степени остроумныхъ положеній пришелъ къ заключенію, что градъ не земного, а космическаго происхожденія. Стоя на этой точкѣ зрѣнія, онъ объяснялъ легко и огромныя количества выпадающаго града, и величину градинъ, достигающихъ 15 фунтовъ, и пр., и пр.



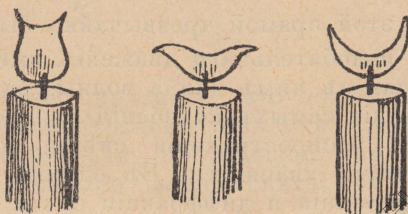
Впрочемъ, несмотря на свою видимую стройность, гипотеза *Θ. Н.* о происхожденіи града не принята и до настоящаго времени; однако, заслуга ея огромна: эта работа обратила вниманіе метеорологовъ на это явленіе и послужила первымъ толчкомъ, первую ступенью къ изученію этого загадочнаго явленія природы.

Чтобы закончить этотъ краткій обзоръ, мнѣ осталось еще сказать нѣсколько словъ о лекціяхъ, читанныхъ покойнымъ, но въ этомъ отношеніи задача моя значительно упрощается тѣмъ, что почти всѣ изъ присутствующихъ въ бытность свою студентами слушали эти лекціи—и я не думаю, чтобы онѣ когда-либо изгладились у нихъ изъ памяти. Недостатокъ времени не позволяетъ мнѣ сдѣлать этотъ обзоръ болѣе полнымъ, но я буду считать свою задачу исполненною, если мнѣ, хотя отчасти, удалось воскресить предъ Вами обликъ этого талантливаго человѣка, посвятившаго всѣ свои силы на служеніе наукѣ, молодежи, человечеству. Миръ праху твоему, дорогой учитель.

## Магнито-оптическія явленія.

*Д. Фефелова.*

Начало опытныхъ изслѣдованій надъ воздѣйствіемъ магнетизма на свѣтъ можно отнести ко времени изобрѣтенія и построенія *М. Фарадеемъ*, извѣстнымъ англійскимъ физикомъ, сильныхъ электромагнитовъ. Первоначальные опыты имѣли предметомъ наблюденія—распространеніе въ магнитномъ полѣ лучей свѣта, испускаемыхъ какимъ-либо источникомъ, помѣщеннымъ внѣ магнитнаго поля. Относительно самого источника свѣта, помѣщаемаго между полюсами электромагнита, выяснились только свойства его діамангнитности, а именно сплющиваніе пламени въ плоскости, перпендикулярной къ линіи полюсовъ (фиг. 1); во-



Фиг. 1.

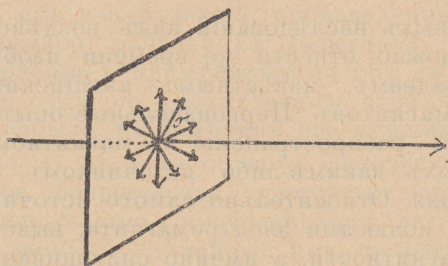
прось же о какихъ-либо внутреннихъ измѣненіяхъ въ свѣтовыхъ колебаніяхъ, испускаемыхъ имъ, оставался открытымъ, хотя *Фарадей* въ послѣдній годъ своихъ опытныхъ изслѣдованій (1826)



и поставилъ себѣ задачей найти измѣненія въ спектрѣ, даваемомъ этимъ источникомъ. Его наблюденія, однако, не дали положительныхъ результатовъ вслѣдствіе отсутствія въ его время необходимыхъ для этой цѣли сильныхъ оптическихъ приборовъ, каковыми наука располагаетъ только теперь. Исслѣдованія позднѣйшихъ ученыхъ, пользовавшихся болѣе совершенными аппаратами и примѣнявшихъ новые методы наблюденія, привели въ настоящее время, особенно благодаря трудамъ бельгійскаго физика Зеемана, къ положительнымъ результатамъ въ смыслѣ какъ опытнаго описанія магнито-оптическихъ явленій, такъ отчасти и теоретическаго объясненія ихъ.

Прежде чѣмъ перейти къ описанію этихъ опытовъ, въ цѣляхъ лучшаго уясненія какъ методовъ изслѣдованія, такъ и результатовъ, достигнутыхъ въ области изученія магнито-оптическихъ явленій, я считаю необходимымъ напомнить читателю въ самыхъ краткихъ чертахъ объ установившемся въ наукѣ представленіи о самомъ явленіи свѣта, т. е. о физическихъ процессахъ, совокупность которыхъ обуславливаетъ это явленіе. Свѣтъ есть особое колебательное движеніе мірового „эфира“, вызываемое источниками свѣта и прямолинейно распространяющееся отъ нихъ съ очень большой скоростью.

Свѣтовые колебанія совершаются въ плоскости, перпендикулярной къ линіи распространенія свѣта. Эти колебанія происходятъ періодически около точки  $O$  (фиг. 2) по прямой линіи, при-



Фиг. 2.

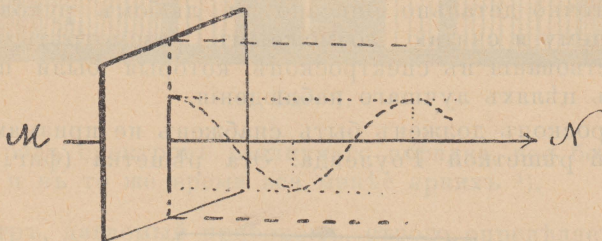
чемъ направленіе этой прямой чрезвычайно быстро мѣняется.

Особенности колебательнаго движенія, именно періодъ колебанія и сопряженная съ нимъ длина волны, различныя фазы колебанія и направленіе самыхъ колебаній въ плоскости, перпендикулярной къ линіи распространенія свѣта, обнаруживаются въ различныхъ свѣтовыхъ явленіяхъ. Въ однихъ, какъ напримѣръ, въ явленіи интерференціи и диффракціи свѣта, свѣтовые эффекты объясняются разностью путей, проходимыхъ лучами, или, иными словами, различіемъ въ длинѣ ихъ волнъ и въ фазахъ колебанія.

Въ другихъ же, именно въ явленіи отраженія и преломленія луча свѣта въ однородной и особенно въ кристаллической средѣ, обнаруживаются нѣкоторыя измѣненія въ направленіяхъ ихъ коле-

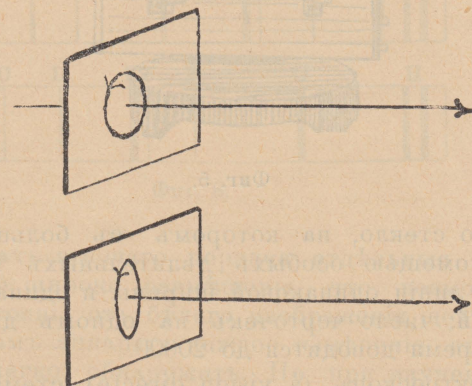


баній. Это послѣднее явленіе извѣстно подъ названіемъ поляризаціи свѣта. При однихъ условіяхъ опыта поляризованный лучъ свѣта имѣетъ колебанія, по прежнему перпендикулярныя къ линіи своего распространенія  $MN$ , но совершающіяся въ одной плоскости, проходящей черезъ эту послѣднюю (фиг. 3). Такой лучъ носить



Фиг. 3.

название прямолинейно поляризованнаго. При другихъ условіяхъ опыта свѣтящаяся частица совершаетъ колебанія въ плоскости, перпендикулярной къ лучу, по замкнутой кривой линіи—по кругу или по эллипсу (фиг. 4); тогда обнаруживаются лучи свѣта круго-поляризованные или эллиптически-поляризованные.



Фиг. 4.

Вообще можно признать, что свойства колебаній относительно линіи распространенія свѣта и относительно какой-либо опредѣленной плоскости, проходящей черезъ эту линію, вполне опредѣляютъ изучаемое явленіе свѣта.

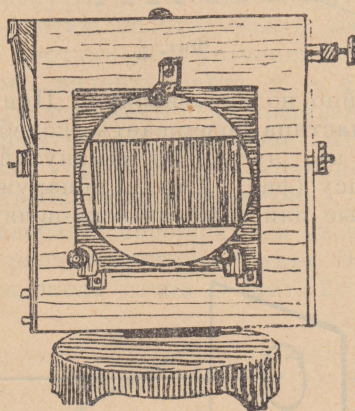
Естественно, что и изученіе магнито-оптическихъ явленій было сведено къ изслѣдованію указанныхъ элементовъ свѣтового колебательнаго движенія, вызываемаго источникомъ свѣта.



## Источники свѣта и физическіе инструменты, употребляемые при опытахъ.

Необходимыми физическими приборами являются, съ одной стороны, спектроскопъ, позволяющій наблюдать и измѣрять длины волнъ свѣта, а съ другой стороны, поляризаціонный аппаратъ, опредѣляющій направление колебаній. Устройство этихъ приборовъ достаточно детально описано въ любомъ руководствѣ по физикѣ, почему я считаю возможнымъ рассмотреть только тѣ усовершенствованія въ спектроскопѣ, которыя были придуманы учеными въ цѣляхъ лучшаго наблюденія.

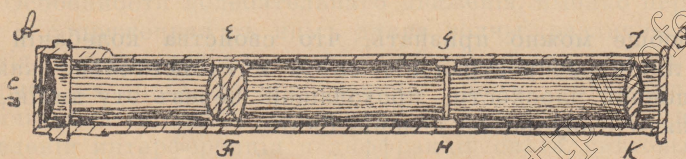
Спектроскопъ долженъ быть снабженъ не призмами, а дифракціонной рѣшеткой Роуланда. Эта рѣшетка (фиг. 5) пред-



Фиг. 5.

ставляет собою стекло, на которомъ съ большой точностью проведены съ помощью особыхъ дѣлительныхъ машинъ непрозрачныя тонкія линіи одинаковой ширины и одинаково отстояція одна отъ другой; число черточекъ на одномъ дюймѣ рѣшетки въ настоящее время доводится до 20000.

Такой спектроскопъ (*à vision directe*) схематически представленъ на фиг. 6.



Фиг. 6.

*AB*—коллиматоръ и въ то же время зрительная труба.

*CD*—узкая щель спектроскопа.

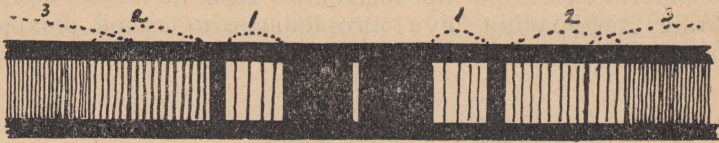
*EF*—линза, дѣлающая пучекъ свѣта параллельнымъ.

*GH*—дифракціонная рѣшетка.

*JK*—линза, дающая наблюдателю мнимое изображеніе спектра.



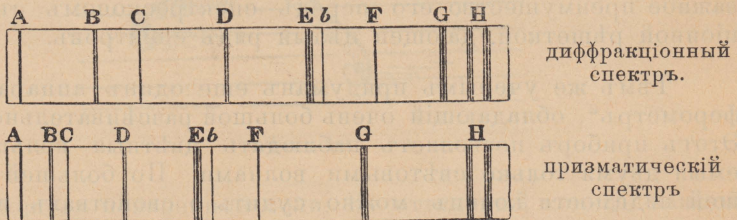
Въ спектроскопѣ получается бѣлое изображеніе щели (фиг. 7), по бокамъ которой, на нѣкоторомъ разстояніи отъ нея, рас-



Фиг. 7.

положенъ рядъ спектровъ различного порядка, все болѣе расширяющихся и въ то же время все менѣе яркихъ <sup>1)</sup>.

Спектръ, даваемый приборомъ, строго опредѣляется длиною волнъ составныхъ цвѣтныхъ лучей естественнаго свѣта и не зависитъ отъ вещества рѣшетки. Въ силу этого цвѣта спектра развиты болѣе равномерно, тогда какъ въ призматическомъ спектрѣ <sup>2)</sup> красный конецъ его сжать, а фіолетовый сильно удлинень (фиг. 8).



Фиг. 8.

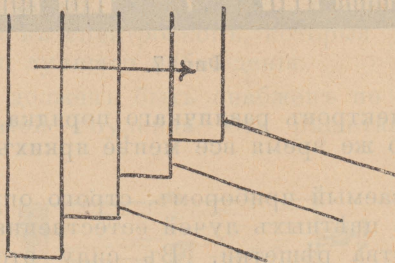
Въ спектрахъ высшаго порядка отдѣльныя фраунгоферовы линіи настолько широко размѣщены, что возможно измѣрить точно ихъ разстояніе отъ бѣлаго изображенія щели, и благодаря такимъ свойствамъ аппарата каждое измѣненіе въ расположеніи этихъ линій легко обнаружить. Но при изученіи монохроматическихъ свѣтовыхъ колебаній рѣшетка Роуланда представляетъ нѣкоторыя неудобства, не смотря на свою громадную разсеивающую силу, и потому кромѣ спектроскопа съ дифракціонной рѣшеткой употреблялся при опытахъ еще „ступенчатый“ спектроскопъ, придуманный въ 1899-мъ году ученымъ Майкельсономъ. Въ немъ нѣтъ ни призмы, ни дифракціонной рѣшетки, но находится рядъ стеклянныхъ пластинокъ одинаковой толщины и

<sup>1)</sup> Введеніе въ акустику и оптику проф. А. Столѣтова, Москва 1893 г., страница 85 (§ 170).

<sup>2)</sup> Тамъ же стр. 86 (§ 171).



ширины, сложенных таким образом, что толщина стеклянного слоя возрастает с числом пластинок (фиг. 9). Параллельный пучек света, направленный почти перпендикулярно на поверхность пластинок, при прохождении через них изменяется вследствие дифракции<sup>1)</sup>, и интенсивность лучей сохраняется только по направлению геометрического распространения пучка.



Фиг. 9.

Этот аппарат при соблюдении некоторых условий дает только один дифракционный спектр; в этом и состоит весьма важное преимущество его перед спектроскопом с дифракционной решеткой, дающей целый ряд спектров.

Тем же ученым придуман еще один аппарат „интерферометр“, обладающий очень большой разрешательной силой<sup>2)</sup>. Этот прибор позволяет наблюдать цветные кольца, образуемые двумя только световыми волнами. По большей или меньшей видимости колец можно судить о свойствах изучаемых спектральных линий. Нужно, однако, заметить, что исследование этих линий с помощью указанного прибора представляет собою настолько продолжительную операцию, что условия опыта в течение этого времени могут заметно измениться. Поляризационными приборами служат при опытах призма Николя, двупреломляющие кристаллы и друг.; но из них призма Николя по своим свойствам является наиболее ценным прибором для наблюдений. Теперь остается сказать о самом источнике света, употребляемом при опытах. Для облегчения задачи наблюдения спектра ученые избрали такие вещества, которые давали бы более простой спектр, например, металл натрия с его характерными двумя линиями в желтой части спектра.

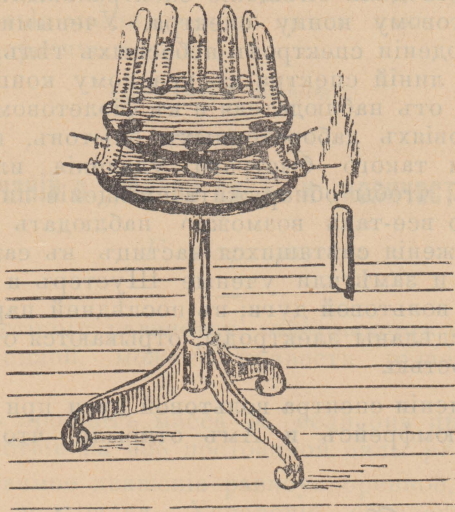
Источником света обыкновенно служит горелка Бунзена. Регулируя приток воздуха в горелку, можно достигнуть того, что газовое пламя не будет иметь собственного

<sup>1)</sup> Явление дифракции происходит от присутствия на пути лучей стеклянного экрана, который становится все более и более непрозрачным при указанном расположении пластинок.

<sup>2)</sup> Приборы Майкельсона подробно описаны в статьях его, помещенных в №№ 378—379 „В. О. Ф.“



блеска и давать свойственнаго ему спектра. Въ пламя вводятъ соль натрія въ твердомъ или въ жидкомъ состояніи, и образующіеся въ пламени пары металла даютъ въ спектроскопѣ тѣ линіи, которыя присущи только натрію. Если производится опытъ сравнительно продолжительный, то употребляютъ приборъ Митчерлиха, позволяющій поддерживать нужную окраску пламени (фиг. 10). Приборъ этотъ состоитъ изъ нѣсколькихъ трубочекъ, наполнен-



Фиг. 10.

ныхъ растворомъ поваренной соли. Въ оттянутый конецъ каждой трубочки вставлена проволока, по которой растворъ медленно вытекаетъ въ приближенное къ нему пламя горѣлки и придаетъ ему равномерную оранжевую окраску.

### О спектроскопическомъ методѣ наблюденія.

Спектроскопическій методъ наблюденія былъ примененъ учеными къ изученію магнито-оптическихъ явленій на томъ основаніи, что спектральный анализъ, обогатившій астрономію великими открытіями, оказался могучимъ орудіемъ и для лабораторныхъ опытовъ надъ различными веществами, при тѣхъ или иныхъ условіяхъ ихъ существованія.

Съ помощью этого метода были обнаружены измѣненія въ спектрахъ въ зависимости какъ отъ самаго пламени, въ смыслѣ богатства или незначительности насыщенія его парами металловъ, такъ и отъ температуры пламени, отъ разстоянія источника свѣта отъ наблюдателя и давленія на источникъ свѣта.

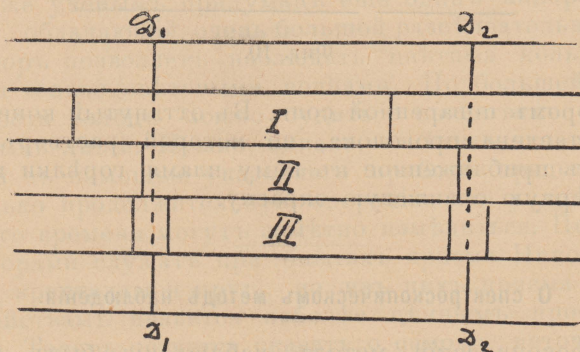


Измѣненія эти выражались либо въ самомъ видѣ линий спектра, либо въ расположеніи ихъ относительно точно установленнаго спектра вещества при обычныхъ условіяхъ.

Насыщенность пламени парами изслѣдуемаго металла или повышение температуры пламени вызывали расширение и удлиненіе линий спектра.

Движеніе источника свѣта или измѣненіе давленія на источникъ свѣта производили смѣщеніе спектральныхъ линий къ красному или фіолетовому концу спектра. Учеными Дёпплеромъ и Физо, при наблюденіи спектровъ небесныхъ тѣлъ, было открыто смѣщеніе всѣхъ линий спектра къ красному концу при удаленіи источника свѣта отъ наблюдателя и къ фіолетовому въ обратномъ случаѣ. Въ условіяхъ лабораторныхъ опытовъ, конечно, нельзя было произвести такого быстрого удаленія или приближенія источника свѣта, чтобы обнаружить смѣщеніе линий, но явленіе Дёпплеръ—Физо все-таки возможно наблюдать въ лабораторіи при условіи движенія свѣтящихся частицъ въ самомъ источникѣ свѣта, какъ это и замѣтили ученые Шустеръ и Гемзалешъ, изслѣдуя спектръ вольтовой дуги; въ послѣдней паре металла, изъ котораго были сдѣланы электроды, отрываются отъ нихъ со значительной скоростью.

При наблюденіи спектра вольтовой дуги при разныхъ давленіяхъ ученые Гюмфрейсъ и Амъ открыли, что линіи спектра



Фиг. 11.

- I. Приблизительное положеніе линій  $D_1, D_2$  въ спектре кометы Wells (1882 г.), при удаленіи кометы со скоростью 70 килом. въ 1 сек.
- II. Положеніе линій спектра вольтовой дуги при давленіи 11 атмосферъ.
- III. Магнитное раздвоеніе линій спектра.

металловъ электрода смѣщаются къ красному концу спектра при увеличеніи давленія. При переходѣ давленія отъ 1 до 11 атмо-



сферъ для желтыхъ линій спектра натрія смѣщеніе каждой изъ нихъ достигало  $\frac{1}{50}$  разстоянія между этими линіями въ нормальномъ спектрѣ. Въ опытахъ надъ дѣйствіемъ магнитнаго поля на источникъ свѣта были обнаружены также измѣненія въ спектрахъ, очень отчетливыя и вполне отличныя отъ указанныхъ выше (фиг. 11). Измѣненія были особенно рельефно обнаружены въ условіяхъ опыта бельгійскаго ученаго Зеемана, и открытіе, носящее имя этого ученаго, значительно содѣйствовало увеличенію интереса къ этому вопросу и появленію въ наукѣ новыхъ изслѣдованій дѣйствія магнетизма на свѣтъ какъ экспериментальныхъ, такъ и теоретическихъ.

(Продолженіе слѣдуетъ).

## Нѣсколько замѣчаній о „живой силѣ“ и „количествѣ движенія“. <sup>1)</sup>

Г. Бархова.

1. Къ извѣстному равенству, содержащему выраженіе, называемое живой силой, можетъ привести рѣшеніе слѣдующей задачи:

Какой путь пройдетъ масса  $m$ , если она пріобрѣтаетъ скорость  $v$  при дѣйствіи на нее постоянной силы  $p$ ?

Разсматриваемое движеніе равноускоренное, такъ какъ дѣйствующая сила постоянна. Ускореніе обозначимъ буквою  $a$ , искомый путь буквою  $s$ . Изъ извѣстныхъ равенствъ

$$p = ma \quad \text{и} \quad v^2 = 2as$$

получается, чрезъ исключеніе величины  $a$ , какъ рѣшеніе задачи,

$$s = \frac{mv^2}{2p};$$

а отсюда извѣстное равенство:

$$ps = \frac{1}{2} mv^2.$$

Такъ какъ каждая изъ 4 величинъ, встрѣчающихся въ этомъ равенствѣ, можетъ быть разсматриваема какъ неизвѣстное, и  $p$  либо какъ сила, либо какъ сопротивленіе, причемъ въ послѣднемъ случаѣ движеніе было бы равнозамедленное съ начальной скоростью  $v$ , то къ тому же уравненію могутъ привести 8 различныхъ задачъ <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Удѣляя мѣсто этой статьѣ, редакторъ считаетъ нужнымъ указать, что онъ во многомъ не раздѣляетъ взглядовъ автора, по поводу которыхъ онъ будетъ имѣть случай высказаться подробно.

<sup>2)</sup> Врядъ ли эти задачи можно считать различными.



2 Известное равенство, содержащее выражение, называемое количеством движения, можетъ быть выведено изъ рѣшенія слѣдующей задачи:

Сколько времени должна дѣйствовать постоянная сила  $p$ , чтобы массѣ  $m$  сообщить скорость  $v$ ?

Если обозначимъ искомое время буквою  $t$  и ускореніе опять буквою  $a$ , то, принявъ во вниманіе, что

$$a = \frac{v}{t}$$

и

$$p = ma,$$

получаемъ

$$p = \frac{mv}{t};$$

слѣдовательно,

$$t = \frac{mv}{p},$$

какъ отвѣтъ на задачу; а отсюда известное равенство:

$$pt = mv.$$

Но задачу эту можно рѣшить также, исходя изъ полученнаго уже соотношенія

$$ps = \frac{1}{2} mv^2;$$

подставивъ въ это уравненіе  $\frac{1}{2} vt$  вмѣсто  $s$ , получаемъ

$$\frac{1}{2} pvt = \frac{1}{2} mv^2,$$

откуда

$$pt = mv;$$

и къ этому равенству приводятъ 8 различныхъ задачъ.

3. Второе рѣшеніе второй задачи указываетъ на тѣснѣйшую связь между уравненіями

$$ps = \frac{1}{2} mv^2$$

и

$$pt = mv.$$

Интересно, что эта связь не была еще познана во времена величайшихъ математиковъ—Лейбница и Декарта. Известно, по



крайней мѣрѣ, что между названными учеными происходилъ оживленный споръ, такъ и оставшійся ими не рѣшеннымъ, которая изъ величинъ:  $mv$  или  $\frac{1}{2}mv^2$  должна считаться мѣрою для работоспособности массы  $m$ , движущейся со скоростью  $v$ <sup>1)</sup>. Между тѣмъ какъ Декартъ былъ того мнѣнія, что мѣрою для дѣйствія силы должна считаться величина  $mv$ , Лейбницъ утверждалъ, что дѣйствіе силы должно измѣряться величиною  $\frac{1}{2}mv^2$ . Намъ кажется самымъ правильнымъ недоразумѣніе между этими сѣтилами математики объяснить тѣмъ, что они не пришли предварительно къ соглашенію относительно мѣры для работы. Что оба были правы, становится яснымъ, если формулировать утвержденія ихъ слѣдующимъ образомъ:

Масса  $m$ , движущаяся со скоростью  $v$ , обладаетъ такимъ количествомъ кинетической энергіи, что въ состояніи преодолѣвать сопротивленіе  $p$  или на протяженіи  $s$ , опредѣляемомъ уравненіемъ

$$ps = \frac{1}{2}mv^2 \text{ (Лейбницъ),}$$

или въ продолженіе времени  $t$ , опредѣляемого уравненіемъ

$$pt = mv \text{ (Декартъ).}$$

Если же примѣнить обычную абсолютную единицу для работы, то утвержденіе Лейбница можетъ быть еще лучше выражено такъ:

Масса  $m$  граммовъ, движущаяся со скоростью  $v$  сантиметровъ въ секунду, обладаетъ кинетическою энергіею въ  $\frac{1}{2}mv^2$  эрговъ (диносантиметровъ<sup>2)</sup>).

Утвержденіе же Декарта аналогичнымъ образомъ можетъ быть выражено только по введеніи новой единицы для работы и особаго термина для нея, и должно гласить:

Масса  $m$  граммовъ, движущаяся со скоростью  $v$  сантиметровъ въ секунду, обладаетъ кинетическою энергіею въ  $mv$  дино-секундъ.

При этомъ само собою ясно, что диносекундою названа работа, совершаемая при преодолѣніи сопротивленія въ 1 дину въ продолженіе одной секунды.

<sup>1)</sup> Какъ извѣстно, споръ былъ рѣшенъ въпослѣдствіи Даламберомъ.

<sup>2)</sup> Слово это образовано по аналогіи слова килограмметръ.



Теперь дѣлается еще яснѣе, въ чемъ состояло недоразумѣніе между Лейбницемъ и Декартомъ: первый изъ нихъ опредѣлялъ кинетическую энергію движущейся массы въ эргахъ (диносантиметрахъ), послѣдній въ диносекундахъ, и, такимъ образомъ, были правы оба <sup>1)</sup>.

4. Сказанное указываетъ на то, что понятіе о работѣ слѣдовало бы опредѣлять только какъ преодоленіе сопротивленія (безъ добавленія: на протяженіи нѣкотораго пути). Величина же работы зависитъ отъ того, преодоливается ли это сопротивленіе на протяженіи большаго или меньшаго пути и въ продолженіе большаго или меньшаго промежутка времени. Потому и единицы для работы можно ввести двухъ родовъ, какъ это уже было сдѣлано выше.

Примѣненная и предлагаемая нами единица для работы — диносекунда — будетъ въ то же время и единицею для величинъ, получившихъ названія импульса силы ( $pt$ ) и количества движенія ( $mv$ ).

5. Весьма важно, однако, помнить, что оба опредѣленія мѣры работы могутъ считаться точными только въ томъ случаѣ, если, вслѣдствіе постояннаго сопротивленія, совершаемое при этомъ движеніе будетъ предполагаться равнозамедленнымъ, притомъ кончающимся скоростью 0. Равнымъ образомъ не слѣдуетъ забывать, что величина совершенной работы можетъ быть выражена формулами  $ps$  и  $pt$  только въ томъ случаѣ, если при преодолѣніи сопротивленія, передвигаемое при совершеніи работы тѣло, послѣ упомянутого пути или послѣ упомянутого времени, вполне останавливается. Если же сопротивленіе  $p$  преодоливалось на протяженіи пути  $s$  или въ теченіе времени  $t$  и въ передвигаемомъ тѣлѣ массы  $m$  еще сохранилась послѣ этого скорость  $v$ , то работы совершено было

$$ps + \frac{1}{2}mv^2 \text{ эрговъ или } pt + mv^2 \text{ диносекундъ.}$$

6. Единицы эргъ и диносекунда не находятся въ простомъ кратномъ отношеніи другъ къ другу, такъ какъ они величины разнородныя. Одна соотвѣтствуетъ измѣренію работы при помощи какого-либо динамометра и линейной мѣры, а другая — измѣренію ея при помощи динамометра и часовъ (NB: въ обоихъ случаяхъ при непремѣнномъ условіи равнозамедленнаго движенія съ конечною скоростью 0 <sup>2)</sup>).

<sup>1)</sup> Нужно, однако, сказать, что здѣсь мѣняется единица не въ томъ смыслѣ, что другое значеніе величины принимается за мѣру, а въ томъ смыслѣ, что  $ps$  измѣряется другая величина. Впрочемъ, авторъ и самъ выясняетъ это ниже.

Ред.

<sup>2)</sup> Несоблюденіе этого условія есть источникъ погрѣшностей. Во многихъ случаяхъ работа можетъ рассматриваться какъ сумма работъ указаннаго свойства.



Зависимость между эргомъ и диносекундою можетъ быть найдена изъ равенства, выражающаго зависимость между работою въ общепринятомъ смыслѣ этого слова и работою, получившею названіе импульса силы. Если кинетическую энергію массы  $m$ , движущейся со скоростью  $v$ , обозначимъ въ эргахъ буквою  $A$ , въ диносекундахъ буквою  $B$ , то

$$A = \frac{1}{2} mv^2$$

$$B = mv$$

и слѣдовательно,

$$A = \frac{1}{2} Bv.$$

Это равенство указываетъ, что, не зная скорости, съ какою движется нѣкоторая масса, мы не можемъ опредѣлить ея кинетической энергіи въ эргахъ, если она дана въ диносекундахъ, и наоборотъ.

7. Работа ( $ps$ ) и живая сила ( $\frac{1}{2} mv^2$ ) могутъ быть выражены также въ килограммометрахъ. Аналогичнымъ образомъ импульсъ силы и количество движенія могутъ быть выражены въ килограммсекундахъ. Только тутъ будетъ кстати упомянуть, что при примѣненіи этихъ единицъ въ упомянутыхъ выше формулахъ или для массы должна быть примѣнена единица, о которой мало гдѣ говорится, или же, — что для практическаго примѣненія формулъ слѣдуетъ считать болѣе удобнымъ, — эти формулы должны получить коэффиціентъ пропорціональности, отличный отъ 1, который можетъ быть опредѣленъ на основаніи слѣдующаго разсужденія.

Зависимость между силою ( $p$ ), массою ( $m$ ) и ускореніемъ ( $a$ ) выражаютъ обыкновенно уравненіемъ

$$p = ma.$$

Оно справедливо, если эти величины выражены въ единицахъ абсолютной системы. Для произвольныхъ же единицъ не слѣдуетъ опускать коэффиціента пропорціональности и писать:

$$p = Cma.$$

Зависимость между вѣсомъ, массою и ускореніемъ свободно падающаго тѣла ( $g$ ) выражаютъ тоже обыкновенно просто такъ:

$$p = mg.$$

Но въ этомъ уравненіи  $g$  не произвольно переменная величина; она для опредѣленной точки земли — величина постоянная. Переменными являются только  $p$  и  $m$ . Если вѣсъ будетъ выражаться въ килограммахъ и возьмемъ  $p=1$ , то  $m$  окажется равнымъ  $\frac{1}{g}$ ; то есть,



съ силою въ 1 килограммъ притягивается къ землѣ масса, равная  $\frac{1}{g}$  единицамъ массы; слѣдовательно, эта единица равна  $g$  килограммамъ или массѣ  $g$  куб. дециметровъ химически чистой воды при  $4^{\circ}\text{C}$ . Такая единица для массы врядъ ли можетъ быть признана удобною. Главный ея недостатокъ тотъ, что она представляетъ собою переменную величину, и какъ таковая мѣрою вообще не должна бы служить.

Если же силу ( $p$ ) будемъ выражать въ килограммахъ (въ частномъ случаѣ вѣсѣ), массу ( $m$ ) также въ килограммахъ, а ускореніе ( $a$ ) въ метрахъ, то зависимость между этими величинами должна быть выражена уравненіемъ

$$p = \frac{1}{g} ma.$$

Такъ какъ для свободно падающаго тѣла  $a=g$ , то для этого случая получаемъ  $p=m$ , то есть, слѣдуетъ разумѣющей самъ собою фактъ, что масса въ нѣкоторое количество килограммовъ тяготѣетъ къ землѣ съ силою въ то же количество килограммовъ.

Равнымъ образомъ формулы для живой силы и количества движенія, если мы эти величины пожелаемъ выразить въ килограммометрахъ и килограммосекундахъ, примутъ видъ  $\frac{mv^2}{2g}$  и  $\frac{mv}{g}$ ; то есть, масса  $m$  килограммовъ, движущаяся со скоростью  $v$  метровъ въ секунду, обладаетъ кинетическою энергіею въ  $\frac{mv^2}{2g}$  килограммометровъ или же въ  $\frac{mv}{g}$  килограммосекундъ.

## ЗАДАЧИ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ.

Редакція проситъ не помѣщать на одномъ и томъ же листѣ бумаги 1) дѣловой переписки съ конторой, 2) рѣшеній задачъ, напечатанныхъ въ „Вѣстникъ“ и 3) задачъ, предлагаемыхъ для рѣшенія. Въ противномъ случаѣ редакція не можетъ поручиться за то, чтобы она могла своевременно принять мѣры къ удовлетворенію нуждъ корреспондентовъ.

Редакція проситъ лицъ, предлагающихъ задачи для помѣщенія въ „Вѣстникъ“, либо присылать задачи вмѣстѣ съ ихъ рѣшеніями, либо снабжать задачи указаніемъ, что лицу, предлагающему задачу, неизвѣстно ея рѣшеніе.

Рѣшенія всѣхъ задачъ, предложенныхъ въ текущемъ семестрѣ, будутъ помѣщены въ слѣдующемъ семестрѣ.

№ 731 (4 сер.). Рѣшить систему уравненій

$$x^5 + y^5 + z^5 - u^5 = 570,$$

$$x^3 + y^3 + z^3 - u^3 = 18,$$

$$x^2 + y^2 + z^2 - u^2 = 6,$$

$$x + y + z - u = 0.$$

Е. Григорьевъ (Казань).



№ 732 (4 сер.). Построить треугольник  $ABC$  по радиусу  $R$  круга описанного, биссектрисе  $AD = \beta$  и углу  $\alpha$  между биссектрисой  $AD$  и стороной  $BC$ .

Г. Бирюстюков (ст. Усть-Медвѣдцкая).

№ 733 (4 сер.). Найти общій видъ цѣлаго однороднаго многочлена второй степени относительно  $x, y, z$ , обладающаго тѣмъ свойствомъ, что числовая его величина не измѣняется при замѣнѣ  $x, y, z$  черезъ  $x+a, y+a, z+a$ , гдѣ  $a$ —произвольное число. Доказать, что многочленъ такого свойства разлагается на двухъ множителей первой степени относительно  $x, y, z$ .

Н. С. (Одесса).

№ 734 (4 сер.). Рѣшить уравненіе

$$\sec 4x - \csc 5x = \cos 4x - \sin 5x.$$

(Займств.).

№ 735 (4 сер.). Найти сумму

$$\sum_{i=1}^n \frac{a_i a_{i+1} a_{i+2}}{a_i + a_{i+2}},$$

зная, что рядъ  $a_1, a_2, a_3, \dots$  есть арифметическая прогрессія.

(Займств.).

№ 736 (4 сер.). Помощью химическаго гигрометра нашли, что каждый литръ атмосфернаго воздуха содержитъ 2 сантиграмма воды. Температура при этомъ была  $27^\circ$  и давленіе 750 миллиметровъ. Определить гигрометрическое состояніе воздуха, зная что плотность воздуха при нормальныхъ условіяхъ равна 0,00129; плотность водяныхъ паровъ по отношенію къ воздуху равна 0,63; упругость насыщеннаго пара при  $27^\circ$  равна 26 миллиметрамъ; коэффициентъ расширенія газа  $\alpha = \frac{1}{273} = 0,00367$ . Определить, какое количество водяныхъ паровъ сгустится въ жидкость, если окружающая температура понизится до  $12^\circ$  и въ то же время давленіе повысится до 760 миллиметровъ. Упругость насыщеннаго пара при  $12^\circ$  равна 10 миллиметрамъ. Всѣ вычисленія требуется произвести съ точностью до 0,01.

(Займств.) М. Г.

## РѢШЕНІЯ ЗАДАЧЪ.

№ 622 (4 сер.). Латунный полый шаръ вѣситъ 500 граммовъ въ воздухѣ и 425 граммовъ въ водѣ; плотность латуни равна 8,4. Вычислить 1° объемъ латунной оболочки и 2° объемъ полости шара.

(Займств. изъ l'Éducation Mathématique).

При погруженіи въ воду шаръ теряетъ  $500 - 425 = 75$  граммовъ своего вѣса, слѣдовательно, 75 граммовъ, согласно съ закономъ Архимеда, есть вѣсъ вытѣсняемой шаромъ воды. Поэтому объемъ шара равенъ 75 куб. сантиметрамъ. Объемъ же латунной оболочки равенъ частному отъ дѣленія вѣса шара на плотность, т. е.  $\frac{500}{8,4} = 59,52$  куб. сантиметра. Слѣдовательно, объемъ полости шара равенъ  $75 - 59,52 = 15,48$  куб. сантиметровъ. При рѣшеніи задачи мы предполагаемъ, что плотность латуни опредѣлена была при взвѣшиваніи ея въ воздухѣ; если бы плотность дана была для безвоздушнаго пространства, то, называя объемъ шара черезъ  $x$ , плотность воздуха въ моментъ опыта черезъ  $\delta$  и объемъ равновѣсокъ, употребленныхъ для взвѣши-



ванія шара через  $v$ , мы, согласно съ закономъ Архимеда, имѣли бы:

$$x,8,4 - x,5 = 500 - v,5,$$

откуда

$$x = \frac{500 - v,5}{8,4 - 5} < \frac{500}{8,4 - 5} \quad (1).$$

Полагая, что опытъ производится при нормальныхъ условіяхъ, т. е. что  $\delta = 0,0013$ , мы получимъ (см. (1)):  $x < \frac{500}{8,4 - 0,0013} = 59,53$ , т. е. поправка на воздухъ дала бы разницу не болѣе, чѣмъ на 0,01 кубическаго сантиметра.

Г. Оганянцъ (Эривань); А. Варенцовъ (Ростовъ н/Д).

№ 627 (4 сер.). Доказать, что число

$$1 + 3 + 3^2 + \dots + 3^{6n-1}$$

кратно 364.

(Заимств. изъ *l'Éducation Mathématique*).

Суммируя геометрическую прогрессию  $1, 3, 3^2, \dots, 3^{6n-1}$ , имѣемъ

$$1 + 3 + 3^2 + \dots + 3^{6n-1} = \frac{3^{6n} - 1}{3 - 1} = \frac{729^n - 1}{2} \quad (1).$$

Число  $729^n - 1$  кратно разности  $729 - 1 = 728$ , а потому число

$$\frac{729^n - 1}{2} \text{ кратно } \frac{728}{2} = 364.$$

Д. Колянковскій (с. Степановка); Н. Агрономовъ (Вологда); Г. Оганянцъ (Гомадзорь); Г. Лебедевъ (Полтава); А. Турчаниновъ (Врестъ); Н. Доброгаевъ (Немировъ); А. Варенцовъ (Ростовъ н/Д).

№ 628 (4 сер.). Производить опытъ Торичелли со спиртомъ вмѣсто ртути. Вычислить высоту, до которой поднимается спиртъ, зная, что барометрическая высота въ моментъ опыта равна 74,45 сантиметра и что плотность спирта, взятаго для опыта, равна 0,76, а максимальная упругость его паровъ при температурѣ опыта равна 4,45.

(Заимств. изъ *l'Éducation Mathématique*).

Столбъ спирта уравниваетъ давленіе въ 74,45—4,45 сантиметровъ, т. е. въ 70 сантиметровъ ртутнаго столба. Такъ какъ плотности ртути и спирта равны соответственно 13,6 и 0,76, то называя черезъ  $x$  искомую высоту столба спирта въ сантиметрахъ, получимъ

$$\frac{x}{70} = \frac{13,6}{0,76} = \frac{346}{19}, \text{ откуда } x = \frac{340,70}{19} = \frac{1252}{19} \text{ сантим.},$$

т. е. немногимъ болѣе 12,5 метра.

А. Варенцовъ (Ростовъ н/Д); Н. С. (Одесса).



## № 631 (4 сер.). Решить систему уравнений

$$y + z = axyz,$$

$$z + x = bxyz,$$

$$x + y = cxyz.$$

Если одно изъ неизвестныхъ, напримѣръ,  $x$  равно 0, то, какъ это видно изъ второго и третьяго изъ данныхъ уравненій,  $y=z=0$ . Подобнымъ же образомъ изъ  $y=0$  (или  $z=0$ ) вытекаетъ соответственно  $x=z=0$  (или  $x=y=0$ ). Такимъ образомъ либо 1)  $x=y=z=0$ , либо 2)  $x \neq 0$ ,  $y \neq 0$ ,  $z \neq 0$ . Будемъ теперь отыскивать рѣшенія, удовлетворяющія второму изъ этихъ условий. Для этого раздѣлимъ каждое изъ данныхъ уравненій на  $xyz$ ; тогда данная система приметъ видъ

$$\frac{1}{xz} + \frac{1}{xy} = a \quad (1), \quad \frac{1}{xy} + \frac{1}{yz} = b \quad (2), \quad \frac{1}{yz} + \frac{1}{zx} = c \quad (3).$$

Сложивъ уравненія (1), (2), (3) и раздѣливъ результатъ на 2, получимъ

$$\frac{1}{xy} + \frac{1}{yz} + \frac{1}{zx} = \frac{a+b+c}{2} \quad (4).$$

Вычитая изъ равенства (4) послѣдовательно уравненія (1), (2), (3), имѣемъ:

$$\frac{1}{yz} = \frac{b+c-a}{2}, \quad \frac{1}{zx} = \frac{a+c-b}{2}, \quad \frac{1}{xy} = \frac{a+b-c}{2} \quad (5),$$

или

$$xy = \frac{2}{a+b-c} \quad (6), \quad yz = \frac{2}{b+c-a} \quad (7), \quad zx = \frac{2}{a+c-b} \quad (8).$$

Перемноживъ уравненія (6), (7), (8), получимъ

$$(xyz)^2 = \frac{8}{(a+b-c)(b+c-a)(a+c-b)}, \quad \text{откуда}$$

$$xyz = \pm 2 \sqrt{\frac{2}{(a+b-c)(b+c-a)(a+c-b)}} \quad (9).$$

Раздѣливъ уравненіе (9) на уравненіе (7), находимъ

$$x = \pm \frac{(b+c-a)\sqrt{2}}{\sqrt{(a+b-c)(b+c-a)(a+c-b)}} = \pm \sqrt{\frac{2(b+c-a)}{(a+b-c)(a+c-b)}} \quad (10).$$

Подобнымъ же образомъ найдемъ

$$y = \pm \sqrt{\frac{2(a+c-b)}{(a+b-c)(b+c-a)}} \quad (11),$$

$$z = \pm \sqrt{\frac{2(a+b-c)}{(b+c-a)(a+c-b)}} \quad (12).$$

Изъ хода рѣшенія видно, что въ формулахъ (10), (11), (12) надо одновременно взять передъ радикаломъ одинъ и тотъ же знакъ. Мы могли перейти отъ равенства (5) къ формуламъ (6), (7), (8) и затѣмъ (10), (11), (12), полагая, что  $a+b-c \neq 0$ ,  $b+c-a \neq 0$ ,  $a+c-b \neq 0$ . Но если  $a+b-c=0$ , то изъ первоначальной системы, сложивъ ее, находимъ  $2(x+y+z) =$



$= (a+b+c)xyz$ ; вычитая отсюда удвоенное третье из данных уравнений, получим  $2z = (a+b-c)xyz = 0$ , откуда  $z = 0$ , а потому и  $x = y = 0$ . Подобным же образом убедимся, что при каждом из предположений  $a+c-b=0$  или  $a+b-c=0$  система имеет единственное решение  $x=y=z=0$ .

Д. Коляковский (с. Степановка); Г. Лебедев (Полтава); Н. Плахово (Знаменка); Н. Доброгаев (Немировъ); Э. Лейникъ (Рига); Г. Оганянъ (Эривань).

№ 632 (4 сер.). Решить въ целыхъ числахъ уравненіе

$$2x^3 - 2xy^2 - 5x^2y + 5y^3 - x^2 + y^2 - 6x + 15y + 3 = 0.$$

Представивъ данное уравненіе въ видѣ

$$\begin{aligned} (2x^3 - 5x^2y - x^2) - (2xy^2 - 5y^3 - y^2) - (6x - 15y - 3) &= \\ = x^2(2x - 5y + 1) - y^2(2x - 5y - 1) - 3(2x - 5y - 1) &= \\ = (2x - 5y - 1)(x^2 - y^2 - 3) = 0, \end{aligned}$$

разлагаемъ его на два:

$$2x - 5y - 1 = 0 \quad (1), \quad x^2 - y^2 - 3 = 0 \quad (2).$$

Рѣшая уравненіе (1) обычнымъ способомъ въ цѣлыхъ числахъ, получимъ

$$x = 3 - 5t, \quad y = 1 - 2t \quad (3),$$

гдѣ  $t$  — произвольное цѣлое число. Уравненію (2) можно дать видъ

$$(x + y)(x - y) = 3 \quad (4),$$

откуда вытекаетъ, что  $x+y$  равно одному изъ дѣлителей 1,  $-1$ , 3,  $-3$  второй части равенства (4), а  $x-y$  равно соответственно частнымъ  $\frac{3}{1} = 3$ ,

$$\frac{3}{-1} = -3, \quad \frac{3}{1} = 1, \quad \frac{3}{-3} = -1. \text{ Итакъ равенство (4) равносильно}$$

совокупности четырехъ системъ:  $x+y=1$ ,  $x-y=3$ ;  $x+y=-1$ ,  $x-y=-3$ ;  $x+y=3$ ,  $x-y=1$ ;  $x+y=-3$ ,  $x-y=-1$ , рѣшая которыя находимъ соответственно

$$x = 2, \quad y = -1 \quad (5); \quad x = -2, \quad y = 1 \quad (6); \quad x = 2, \quad y = 1 \quad (7); \quad x = -2, \quad y = -1 \quad (8).$$

Изъ этихъ рѣшеній лишь послѣднее (см. (8)) можетъ быть получено изъ формулъ (3), полагая  $t=1$ . Итакъ формулы (3), (5), (6), (7) даютъ всѣ различныя системы рѣшеній данного уравненія.

Д. Коляковский (с. Степановка); В. Смирновъ (Москва); Н. Плахово (Знаменка); П. Арономовъ (Вологда); Г. Оганянъ (Эривань); Г. Лебедевъ (Полтава); Н. Доброгаевъ (Немировъ). Я. Виленкинъ (Елачьма); Э. Лейникъ (Рига).



(2-й годъ изданія). ОТКРЫТА ПОДПИСКА НА 1906 ГОДЪ (2-й годъ изданія).

на еженедѣльный, иллюстрированный, художественно-литературный журналъ

2 р.  
въ годъ.

# „РОДНАЯ НИВА“

2 р.  
въ годъ.

**По цѣнѣ — 2 рубль въ годъ — доступенъ каждому.**

„Родная Нива“, начавъ свое существованіе во время особенно сильнаго момента большаго жажды сознательнаго отношенія къ окружающей действительности, поставила себѣ главною задачею возможно полное, живое и непрѣменно правдивое освѣщеніе и словомъ и рисункомъ свѣтлыхъ и темныхъ сторонъ современной русской жизни. По мѣрѣ силъ и возможности выполняя эту задачу въ текущемъ году, безусловно то же направленіе редакція сохранить и въ будущемъ. Программа „Родной Нивы“ составлена съ такимъ расчетомъ, чтобы небогатые, но жаждущіе знаній и просвѣщенія освобожденные люди нашли на страницахъ журнала и его приложений все, что могутъ ждать и желать отъ изданія, по цѣнѣ доступнаго каждому. Въ 1906 году „РОДНАЯ НИВА“ будетъ издаваться по прежнему, подъ редакціей Виктора Рышкова. Участіе въ журналѣ обѣщали писатели и поэты: В. Г. Авеенко, М. Н. Альбовъ, Е. И. Альфъ (Игнатьевъ), Р. Л. Антроповъ, Т. Ардовъ, Л. Н. Афанасьевъ, К. С. Баранцевичъ, Н. Н. Брешко-Брешковский, А. Н. Будищевъ, П. В. Быковъ, А. А. Дрождининъ, В. В. Жуковъ, Э. Н. Журавскій, А. Е. Заринъ, А. А. Измайловъ, С. С. Караскевичъ, Е. П. Карповъ, П. П. Конради, А. А. Коринфскій, Л. И. Косуновичъ, А. В. Кругловъ, В. П. Кузьмина (Иричушка), А. И. Купринъ, Е. М. Левшина, В. С. Лихачевъ, В. А. Мазуркевичъ, Б. Л. Модзалевскій, Б. П. Никоновъ, Н. А. Нормовъ, Н. Д. Носковъ, А. А. Осиновъ, Н. А. Пановъ, Н. О. Паозерскій (Садко), М. О. Паозерскій (свящ. Лубинскій), свящ. Григорій Петровъ, Н. И. Позняковъ, И. Н. Потапенко, Н. О. Пружанскій, Д. М. Ратгаузь, С. Л. Рафаловичъ, П. А. Россіевъ, В. А. Рышковъ, Н. П. Рябовъ, А. П. Савицкая, М. П. Садовскій, А. И. Свирскій, Д. П. Сильчевскій, Н. В. Симбирскій, Г. Т. Сѣверцевъ (Полиловъ), В. А. Тихоновъ (Мордвинъ), Н. А. Тэффи, Л. Н. Урманцовъ, А. И. Фаресовъ, Е. И. Фортунато, Е. М. Фофановъ, О. А. Червинскій, Н. Г. Шебуевъ, И. Л. Щеголовъ (Леонтьевъ), Г. П. Эрастовъ и многіе другіе. Завѣдывать художеств. отдѣломъ будетъ, какъ и въ прошломъ году, художникъ С. В. Живоатовскій.

**Въ 1906 году подписчики „Родной Нивы“ получаютъ за 2 рубля:**

**52 №№** иллюстрированнаго журнала съ рисунками русскихъ и иностранныхъ художниковъ, формата прошлаго года, но по 12 страницъ въ каждомъ №, въ обложкахъ.

**52 №№** приложений по 16 страницъ въ 8-ю долю листа. Всего въ годъ 832 страницы.

**Въ томъ числѣ:**

**12 №№ „Библіотека Родной Нивы“.** Въ 1906 году будутъ даны двѣ повѣсти:

„Послѣдняя шалость“ И. Н. Потапенко и „Во тьмѣ“, А. И. Свирскаго.

**12 №№ „Русскіе писатели и поэты“.** Въ 1906 году подъ редакціей А. А. Измайлова будутъ помѣщены біографіи, характеристики съ выдержками изъ произведеній, факсимиле и портреты: Пушкина, Лермонтова, Некрасова, Гольцова, Крылова, Гоголя, Достоевскаго, гр. Л. Толстого, Тургенева, Гончарова, Островскаго и Чехова.

**12 №№ „СѢЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО РОДНОЙ НИВЫ“** Н. О. Паозерскаго (Садко), подъ редакціей

**12 №№ „По городамъ и селамъ“.** Это приложение будетъ посвящено жизни родной деревни, всѣмъ наиболее выдающимся явленіямъ провинціальнаго дня и нуждамъ



современной; свободной Россіи. Часть этого приложенія редакція предоставляет личному отклику подписчика и читателя журнала въ статьяхъ и корреспонденціяхъ и, какъ и въ прошломъ году, будетъ въ немъ давать подписчикамъ и читателямъ отвѣты по интересующимъ ихъ вопросамъ.

и 4 №№ „Другъ семьи“, въ которыхъ будутъ помѣщены общепонятно написанныя статьи о сохраненіи здоровья людей и домашнихъ животныхъ.

**Стѣнной табель-календарь на 1906 годъ.**

Кромѣ перечисленныхъ 53 приложеній еще два главныхъ приложенія всѣ подписчики получаютъ въ 1906 году безъ всякой доплаты:

**„Альбомъ современныхъ русскихъ общественныхъ дѣателей“.**

(Портреты съ краткими біографіями, на мѣловой бумагѣ въ обложкѣ).

Большую картину, исполненную по заказу „Родной Нивы“ красками (олеография), Размѣръ картины 20 × 13 дюймовъ. **„СВОБОДНАЯ РОССІЯ“.**

Одинъ изъ № журнала и иллюстрированное объявленіе о журналѣ высылаются бесплатно.

**Главная Контора: С.-Петербургъ, Невскій пр., 112.**

**Издатель А. К. Касаткинъ.**

**Редакторъ Викторъ Рышковъ.**


---

## ВѢСТНИКЪ ОПЫТНОЙ ФИЗИКИ И ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКИ


**выходить 24 раза въ годъ отдѣльными выпусками не менѣе 24-хъ стр. каждый**

**ПРОГРАММА ЖУРНАЛА:** Оригинальныя и переводныя статьи изъ области физики и элементарной математики. Статьи, посвященныя вопросамъ преподаванія математики и физики. Научная хроника. Разныя извѣстія. Математическія мелочи. Задачи для рѣшенія. Рѣшенія предложенныхъ задачъ съ фамиліями рѣшившихъ. Упражненія для учениковъ. Задачи на испытаніяхъ зрѣлости. Библиографическій обзоръ. Замѣтки о новыхъ книгахъ. Объявленія.

**Подписная цѣна съ пересылкой.**

Въ годъ . . . . . 6 руб.  Въ полугодіе . . . . . 3 руб.  
(12 №№ составляютъ отдѣльный томъ).

Учителя и учительницы низшихъ училищъ и всѣ учащіеся при непосредственныхъ сношеніяхъ съ конторой редакціи платятъ

Въ годъ . . . . . 4 руб.  Въ полугодіе . . . . . 2 руб.

Допускается разсрочка платы. Отдѣльные номера текущаго семестра продаются по 30 коп., прошлыхъ семестровъ по 25 коп. Пробный номеръ высылается бесплатно. Книгопродавцамъ 5% уступки. Журналъ за прошлые годы (семестры 1—... по 2 руб. 50 коп., а учащимся и книгопродавцамъ по 2 руб. за семестръ.

**Семестры II, XVI и XXIII распроданы.**

**Адресъ для корреспонденціи:** Одесса. Въ Редакцію „Вѣстника Опытной Физики“.

**Городской адресъ:** Елисаветинская, 4.

**Редакторъ прив.-доц. В. Ф. Каганъ.**

**Издатель В. А. Гернетъ.**