

Решено
10/11-432.
Организовано

К. М. Моргунов

Проф. Ф. Ауэрбахъ

2. ЦАРИЦА МІРА

и ЕЯ ТѢНЬ



2-Е ИЗД.

<http://mahesis.ru>

♦♦◊◊◊ МАТЕЗИСЪ ◊◊◊♦♦

Книгоиздательство научныхъ и популярно-научныхъ сочиненій изъ области физико-математическихъ наукъ.

ВЫШЛИ ВЪ СВѢТЪ:

- Абраамъ*, проф. Сборникъ элементарныхъ опытовъ по физикѣ. Пер. съ французскаго подъ ред. прив.-доц. *Вейнберга*. Ч. I и II.
- Аррениусъ*, проф. Физика неба. Пер. съ нѣмецкаго подъ ред. прив.-доц. *Орбинскаго*.
- Успѣхи физики*. Сборникъ статей подъ ред. „Вѣстника Опытной Физики и Элементарной Математики“.
- Ньюкомъ*, проф. Астрономія для всѣхъ. Пер. съ англійскаго подъ ред. прив.-доц. *Орбинскаго*.
- Веберъ*, проф. Энциклопедія элементарной алгебры. Пер. съ нѣмецкаго подъ ред. прив.-доц. *Каана*. Вып. I.
- Дедекиндоъ*, проф. Непрерывность и ирраціональныя числа. Пер. съ нѣмецкаго прив.-доц. *Шатуновскаго*, съ его статьей: „Доказательство существованія трансцендентныхъ чиселъ“.
- Перри*, проф. Вращающійся волчокъ.
- Шейдъ*, проф. Химическіе опыты для юношества. Пер. съ нѣм. подъ ред. *Ельчанинова*.

ПЕЧАТАЮТСЯ И ГОТОВЯТСЯ КЪ ПЕЧАТИ:

- Шмидъ*, проф. Философская хрестоматія. Пер. съ нѣмецкаго подъ ред. проф. *Ланге*.
- Риш*, проф. Современная теорія физическихъ явленій (іоны, электроны, радіоактивность). Пер. съ итальянскаго.
- Лакуръ и Анпель*. Историческая физика. Пер. съ нѣмецкаго подъ ред. „Вѣстника Опытной Физики и Элементарной Математики.“
- Тромюльтъ*, Игры со спичками. Задачи и развлечения, пер. съ нѣм.
- Вихертъ*, проф. Введено въ геодезію.

ИМѢЕТСЯ НА СКЛАДѢ:

- Каанъ*, прив.-доц. Основанія геометріи.
- Ефремовъ*, Новая геометрія треугольника.
- Линдеманъ*, проф. Форма и спектр атомовъ.

ПЕЧАТАЕТСЯ И ПОСТУПИТЬ НА СКЛАДЪ:

- Whetham*, проф. Современное развитіе физики. Съ приложеніемъ рѣчи *Бальфура*: „Нѣсколько мыслей о новой теоріи вещества“.

Подробнѣе см. объявленіе въ концѣ книги.

Выписывающіе изъ склада „Матезисъ“ на сумму 5 р. и болѣе за пересылку не платятъ.

Врученъ
10 XI - 432
2. Органъ

F. Nuerbach

Ф. Нuerbach

ПРОФ. ІЕНСКАГО УНИВЕРСИТЕТА.

ЦАРИЦА МІРА и ЕЯ ТѢНЬ

Общедоступное изложєніе основаній ученія
объ ЭНЕРГІИ и ЭНТРОПИИ.

ПЕРЕВОДЪ СЪ НѢМЕЦКАГО.

Съ предисловіемъ Ш. Э. Гильома, Вице-Директора Международнаго Бюро
Мѣръ и Вѣсовъ въ Парижѣ.

ВТОРОЕ ИЗДАНІЕ.

Цѣна 40 коп.



О Д Е С С А

1907

<http://mathesis.ru>

Предисловіе автора.

Въ основу настоящей статьи положена публичная лекція, читанная мною въ Іенѣ и Веймарѣ передъ интеллигентной аудиторіей дамъ и мужчинъ. Въ своемъ первоначальномъ видѣ эта лекція была уже напечатана въ ежемѣсячникѣ „Himmel und Erde“. Здѣсь она является въ нѣсколько расширенномъ видѣ и снабжена примѣчаніями. Такимъ образомъ самый текстъ не предъявляетъ никакихъ требованій къ читателю въ отношеніи подготовки; почти такъ же элементарны и примѣчанія. Послѣднія помѣщены отдѣльно позади текста, такъ какъ, въ виду стилистической и логической законченности лекціи, ихъ, пожалуй, будетъ лучше прочесть отдѣльно по окончаніи лекціи. Для читателя, который пожелалъ бы дальше заняться предметомъ, въ концѣ статьи приведенъ небольшой списокъ сочиненій по этому вопросу.

Авторъ.

Изъ предисловія къ первому русскому изданію.

Наше изданіе было уже закончено печатаніемъ, когда мы узнали о появленіи въ свѣтъ французскаго перевода этой превосходной статьи проф. Ауэрбаха. Этотъ переводъ, такъ хорошо подтвердившій правильность нашего выбора, сопровождается предисловіемъ Ch.-Ed. Guillaume'a, помощника директора Международнаго Бюро мѣръ и вѣсовъ въ Бретейль (Парижъ). Его предисловіе показалось намъ столь интереснымъ, что мы рѣшились приложить его къ настоящему переводу нѣмецкаго оригинала.

Предисловіе это дается, конечно, въ полномъ видѣ за исключеніемъ одной лишь фразы, относящейся непосредственно къ самому французскому переводу.

Mathesis.

Одесса, Январь 1905.

Предисловіе къ французскому изданію.

Скорость распространенія научныхъ идей въ наше время такъ велика, что открытіе, поразительное въ одномъ поколѣніи даже для мыслителей, въ слѣдующемъ поколѣніи становится обыденнымъ уже для массъ. Наши старшіе сверстники такъ увѣрены въ немъ и такъ освоились съ нимъ, что едва даютъ себѣ трудъ обратить наше вниманіе на его чудесный принципъ; а мы сами уже думаемъ, что восприняли его въ самомъ воздухѣ, которымъ мы дышимъ: такъ наполнено имъ все, насъ окружающее. Развѣ съ того момента, когда мы въ первый разъ сознательно наблюдали, какъ исчезаетъ кусокъ дерева въ веселомъ пламени очага, намъ не было уже извѣстно, что онъ исчезъ въ формѣ вещества, невидимаго для насъ, и тѣмъ не менѣе совершенно реальнаго, — что это вещество сполна, увеличенное еще элементами, взятыми изъ атмосферы, находится въ суммѣ продуктовъ сгорания? И однако сто лѣтъ тому назадъ ничто не могло сравниться съ удивленіемъ тѣхъ, кто впервые заподозрилъ существованіе основного закона сохраненія вещества, открытаго въ деталяхъ искусныхъ манипуляцій величайшихъ химиковъ.

Въ то время, когда люди моего поколѣнія начинали вступать въ науку, законъ сохраненія энергіи былъ еще слишкомъ свѣжимъ открытіемъ и не могъ глубоко проникнуть въ современную мысль; книги, чтеніе которыхъ дало намъ наши первыя познанія, далеко еще не были подчинены его абсолютной власти. И если никакой популярно-научный романъ не грѣшилъ въ то время противъ закона сохраненія вещества, то сколько грѣховъ творили въ то время писатели для дѣтей противъ начала сохраненія энергіи! Мы хорошо знали тогда, что отыскиваніе вѣчнаго механическаго движенія есть химера, но мы не колебались бы подумать, будь въ то время динамо-машина орудіемъ промышленности, что могло бы оказаться выгоднымъ замѣнить печь паровика спиралью, черезъ которую проходила бы электрическій токъ.

Съ восторгомъ энтузіазма поэтому наблюдали мы первое точное выраженіе великаго начала сохраненія, основанное на свойствахъ поверхностей уровня, и по мѣрѣ того, какъ мы шли впередъ въ нашихъ изслѣдованіяхъ, мы все больше и больше понимали его всеобщность. Въ эту эпоху знаменитый мемуаръ Гельмгольца не былъ уже новостью. Гельмголецъ былъ въ полномъ блескѣ своей славы и своей научной диктатуры, между тѣмъ какъ его знаменитый синтезъ принадлежитъ къ числу его первыхъ трудовъ. Однако, для учащейся молодежи той эпохи, о которой я говорю и которая довольно точно совпадаетъ съ третьей четвертью истекшаго вѣка, этотъ мемуаръ отмѣчалъ еще зарю новаго времени, утренними часами котораго мы наслаждались. Расцвѣтши въ самой серединѣ девятнадцатаго вѣка, это начало господствовало надъ всей его второй половиной, научная эволюція которой носить его неизгладимые слѣды.

Для нашихъ сыновей это будетъ безъ сомнѣнія столь же естественный и столь же очевидный принципъ, какимъ былъ для насъ съ самаго дѣтства принципъ сохраненія вещества. И ихъ удивленіе, когда онъ будетъ имъ открытъ во всей своей блестящей всеобщности, будетъ не больше того, которое они испытали, когда въ первый разъ, благодаря великому изобрѣтенію Грэма Белля, могли разговаривать со своими отцами на разстояніи сотни километровъ.

Посмотрите на ребенка, слушающаго въ телефонъ: это несравненное чудо кажется ему такимъ же естественнымъ, какъ и самые обыкновенные предметы, которые онъ постоянно видитъ вокругъ себя; вѣдь, куда онъ ни пойдетъ, онъ всюду находитъ микрофонъ и сигнальный звонокъ.

Для этого поколѣнія, избалованнаго чудесными работами предшествующихъ поколѣній, начало сохраненія энергіи будетъ одной изъ тѣхъ хорошихъ вещей, обыденныхъ и необходимыхъ, открытіе которыхъ составило довольно незначительную заслугу ихъ предшественниковъ: такъ рѣзко бросается въ глаза сама собою ихъ очевидность.

Но именно тогда, когда начало сохраненія станетъ обыденнымъ, его полезность пріобрѣтетъ полную силу; когда всякій подмастерье въ наукѣ будетъ работать имъ съ полной увѣренностью, именно тогда оно и окажется особенно плодотворнымъ, оно предохранитъ тогда даже начинающихъ отъ бесплодныхъ изслѣдованій отдѣльных случаевъ, такъ какъ общее начало сможетъ дать, такъ

сказать, механически и съ совершенной очевидностью то рѣшеніе, котораго они ищутъ.

Съ этой точки зрѣнія начало сохраненія энергіи представляется удивительнымъ экономизаторомъ; ибо между всѣми видами энергіи, которые сохраняются, энергія мысли, конечно, занимаетъ не послѣднее мѣсто. Совершенно такъ же, какъ открытіе исчисленія безконечномалыхъ въ приложеніи къ задачамъ геометріи сдѣлало совершенно ненужными тѣ ухищренія, которыми любили заниматься геометры начала семнадцатаго вѣка, и поставило, въ смыслѣ легкости геометрическаго изслѣдованія, хорошаго современнаго школьника гораздо выше Ферма или Роберваля; такимъ же образомъ средній ученикъ высшей школы при помощи начала сохраненія сможетъ предсказать безчисленное количество явленій, въ которыхъ съ трудомъ разобрались бы великіе ученые начала девятнадцатаго вѣка.

Такимъ образомъ начало сохраненія энергіи является удивительнымъ орудіемъ и, быть можетъ, именно ради этого еще больше, чѣмъ ради его громаднаго философскаго значенія, полезно заставить проникнуть его въ умы всѣми обыденными примѣрами, изъ которыхъ оно вытекаетъ, такъ сказать, само собою.

Такую цѣль и поставилъ себѣ Ауэрбахъ въ публичной лекціи, прочитанной не передъ учеными специалистами, а въ собраніи учениковъ всѣхъ наукъ или просто друзей научнаго изслѣдованія. Онъ добивался своей цѣли не такъ, какъ путешественникъ, который направляется прямо къ мѣсту своего назначенія, а какъ туристъ, охотно останавливаясь у придорожнаго кустарника и дѣлая приваль всюду, откуда взглядъ назадъ открываетъ ему ширь прекраснаго ландшафта.

Иногда на его пути подымается легкій туманъ; ландшафтъ представляется ему затянутымъ дымкой тумана, которая даетъ далекимъ предметамъ расплывчатые и слабые контуры. Выйдя изъ своей лабораторіи, гдѣ онъ занимался точнымъ изслѣдованіемъ фактовъ, нѣмецкій ученый охотно позволяетъ всплыть въ своей мысли одной изъ тѣхъ столь популярныхъ и столь любимыхъ Lieder (пѣсенъ), которыя баюкали его дѣтство, повторяя самъ себѣ стихи, которые развертываются вмѣстѣ съ мелодіей, стихи не переводимые, ибо они охватываютъ идеи, лишь смутно очерченныя, пѣсни столь поэтичныя потому, что каждый находитъ въ нихъ отраженіе своей собственной мысли.

VIII

Такова и рѣчь Ауэрбаха, съ ея отступленіями, образами и неожиданными, окутанная дымкой.

До сихъ поръ я говорилъ объ энергіи. Попытка Ауэрбаха изложить начало сохраненія въ общедоступной формѣ не нова; за послѣдніе полвѣка она повторялась нерѣдко. Но за энергіей скрывается то, что авторъ очень удачно называетъ ея тѣнью, тою тѣнью, которая безконечно удлинняется по мѣрѣ того, какъ день существованія нашей солнечной системы склоняется къ вечеру. Это—энтропія, которая непрерывно увеличивается и которая стремится все сравнять, согласно началу, формулированному въ первый разъ Садикарно въ часъ высокаго полета мысли на крыльяхъ генія.

Принципъ эволюціи, которымъ ограничивается и направляется принципъ сохраненія, въ обществѣ извѣстенъ мало и увѣренность въ его безусловной правильности такъ нетверда, что многія новыя открытія, казалось, ограничивали и его въ свою очередь. Не казалось ли одно время, что радій, дѣйствія котораго никто ни на минуту не подумалъ исключить изъ всеобщаго начала сохраненія, разрушилъ начало эволюціи?

Прочитавъ рѣчь Ауэрбаха, можно лучше понять значеніе этого начала, которое, оставляя неизмѣннымъ количество энергіи, понижаетъ ея качество; и если этотъ небольшой трудъ въ формѣ, всѣмъ доступной, выяснить, въ какомъ смыслѣ нужно понимать эту эволюцію міровъ, управляемую просто обмѣномъ энергіи, но въ общемъ направленную въ сторону пониженія, несмотря на тѣ частичныя повышенія, примѣры которыхъ даетъ намъ каждый день,—то это и будетъ главной заслугой этой статьи.

Ш. Д. Тильомъ.

Если правда, что государство становится достойнымъ этого гордаго названія лишь съ той минуты, когда оно получаетъ строй, проникающій все, какъ основной государственный законъ, то, перенося этотъ взглядъ на вселенную, естествоиспытатель долженъ сказать: царство естествознанія для насъ еще поразительно ново. Дѣйствительно, прошло всего нѣсколько десятилѣтій, какъ намъ сталъ извѣстенъ основной законъ, которому подчиняется все существующее: законъ сохраненія силы, какъ выражались прежде, сохраненія энергій, какъ говорятъ теперь, пользуясь болѣе цѣлесообразной терминологіей. Надъ всѣмъ, что совершается въ безпредѣльномъ пространствѣ, въ потокѣ преходящаго времени, властвуетъ энергія, какъ богиня, какъ царица,—здѣсь дая, тамъ отнимая, а въ общемъ не дая и не отнимая. Она властвуетъ со строгой справедливостію, безпристрастно озаряя своимъ спокойнымъ, вѣчно ровнымъ свѣтомъ одинаково былинку и геніальнаго человѣка.

Но гдѣ свѣтъ, тамъ и тѣнь, и тѣнь, которую бросаетъ властительница міра, энергія, глубока и темна, многообразна и подвижна. Эта тѣнь какъ будто обладаетъ самостоятельной жизнью, какъ будто пытается съ своей стороны властвовать надъ міромъ, но совсѣмъ не такъ, какъ энергія. Глядя на эту тѣнь, нельзя подавить въ себѣ смутнаго страха: она—злой демонъ, стремящійся умалить, если не совсѣмъ уничтожить все то великое, прекрасное, доброе, что создаетъ свѣтлый демонъ. Этому злему демону мы даемъ названіе энтропіи; какъ оказывается, онъ постоянно растетъ—и медленно, но увѣренно—раскрываетъ свои злыя наклонности. Спрашивается: можетъ ли насъ успокоить на долгое время существующій государственный строй, если непрерывно дѣйствуютъ силы, стремящіяся

его разрушить? Что намъ до энергіи, когда на землю безостановочно надвигается ея тѣнь, и, чѣмъ дальше идетъ міръ, чѣмъ больше надвигается на землю вечеръ, тѣмъ гуще становится эта тѣнь, чтобы въ концѣ концовъ окутать все глубокой тьмой?

Всѣ мы стоимъ подъ защитой энергіи и всѣ мы отданы въ жертву скрытому яду энтропіи. Не должны ли мы поэтому стараться ознакомиться съ сущностью обоихъ этихъ демоновъ, проникнуть глубже въ ихъ дѣятельность, въ какой бы области мы ни работали, къ какимъ бы идеаламъ мы ни стремились? Мы будемъ пользоваться для этого не микроскопомъ специалиста, съ которымъ мы не умѣемъ, какъ слѣдуетъ, обращаться, чтобы увидѣть въ настоящемъ свѣтѣ такія эфирныя вещи, а лупой любителя, который оставляетъ кое-что въ сторонѣ, но все же имѣетъ возможность разглядѣть многое, что до того было отъ него скрыто.

Всегда-чуткая человѣческая рѣчь назвала и энергію, и энтропію именами женскаго рода; а изученіе существа женщины испоконъ вѣка представляло одну изъ труднѣйшихъ задачъ. Конечно, здѣсь встрѣчаются различные типы; и тогда какъ каждый гимназистъ можетъ въ общемъ понять типъ вѣрной и постоянной Пенелопы, даже самые зрѣлые люди будутъ ломать голову надъ тѣмъ, что лежитъ въ глубинѣ души многоизмѣнчивой Цирцеи. Точно такъ же и сущность энергіи обнаружилась вполне ясно, хотя лишь послѣ долголѣтней борьбы; но тѣмъ капризнѣе и непостояннѣе оказалась энтропія: каждый разъ, какъ къ ней, казалось, подходили близко, она задавала новыя загадки; болѣе того, иногда ей даже удавалось, пользуясь своими злыми чарами, набрасывать подозрѣніе на свою добрую сестру, нашептывая намъ: „не довѣряйте ей, ея образъ обманчивъ“. Но умственная работа послѣднихъ десятилѣтій вооружила насъ противъ такихъ козней, и теперь, на порогѣ двадцатаго столѣтія, мы знаемъ въ главныхъ чертахъ характеръ обѣихъ сестеръ.

II.

Мы поступили бы очень необдуманно, если бы при наступленіи лѣтнихъ каникулъ поѣхали на югъ, чтобы сразу

взобраться на гору Ортлеръ. Опытный туристъ дѣлаетъ сперва одну или двѣ болѣе легкія экскурсіи, чтобы размять свои отвыкшіе отъ движенія члены. Мы послѣдуемъ этому примѣру и нашему путешествію въ трудную и абстрактную область предпошлемъ предварительную экскурсію болѣе простаго и конкретнаго характера. Конкретнаго, такъ какъ дѣло касается распространенной всюду матеріи, видимаго и осязаемаго вещества, окружающаго насъ со всѣхъ сторонъ, изъ котораго создано даже наше собственное я, насколько оно тѣлесно. Эта матерія подчиняется закону, который навѣрное пользовался бы большей извѣстностью, чѣмъ это есть на самомъ дѣлѣ, если бы мы не считали его въ большинствѣ случаевъ слишкомъ понятнымъ, и потому не относились бы къ нему съ нѣкоторымъ пренебреженіемъ—очень несправедливымъ, какъ показываетъ исторія науки.

Этотъ законъ гласитъ: сумма всего вещества вселенной остается всегда неизмѣнной, или же: матерію нельзя ни создать, ни уничтожить. Это—законъ постоянства массы, эли, выражаясь проще, законъ сохраненія вещества. Оба эти выраженія имѣютъ одно и то же значеніе, только первое облечено въ болѣе точную форму, такъ какъ представляетъ матерію въ измѣренномъ количествѣ, т. е. предполагаетъ ея массу выраженной въ граммахъ или килограммахъ. Масса, какъ это утверждаетъ законъ, остается во вселенной постоянной, качество же вещества можетъ измѣняться,—что и совершается, какъ мы знаемъ, съ поразительнымъ разнообразіемъ.

Мы высказали нашъ законъ сразу въ наиболѣе общемъ видѣ, примѣнивъ его ко вселенной; но при одномъ условіи онъ остается въ силѣ также и для каждой отдѣльной части міра, для любой системы тѣлъ или веществъ. Условіе это заключается въ слѣдующемъ: данная система тѣлъ должна быть совершенно изолирована отъ остальнаго внѣшняго міра непроницаемымъ для матеріи покровомъ. Если это условіе выполнено, то, что бы ни происходило внутри этой системы, ничто не въ состояніи измѣнить количество ея матеріи, ея массу. Если же система не изолирована матеріально, то ее можно пополнить, присоединяя къ ней всѣ тѣ тѣла, съ которыми у нея

происходить обмѣнъ вещества, и въ этомъ смыслѣ говорить о „матеріально неполныхъ“ системахъ и о „матеріально полныхъ“. Такимъ образомъ, нашъ законъ гласить, что масса всякой матеріально полной системы остается неизмѣнной ¹⁾.

Какъ велико значеніе закона сохраненія вещества, лучше всего видно изъ того, что лишь съ сознательнымъ примѣненіемъ его химія превратилась въ настоящую науку, тогда какъ до того времени она представляла собой открытое поле для остроумныхъ идей, забавныхъ экспериментовъ и фантастическихъ замысловъ. Наукой въ полномъ и строгомъ смыслѣ слова химія сдѣлалась лишь съ тѣхъ поръ, какъ сто лѣтъ тому назадъ стала пользоваться вѣсами и съ ихъ помощью опредѣлять вѣсъ или, что для насъ то же самое, массу тѣлъ; такимъ образомъ она въ безчисленномъ множествѣ случаевъ убѣдилась, что сумма массъ всѣхъ веществъ, состоящихъ между собою въ обмѣнѣ, въ концѣ процесса такъ же велика, какъ и въ началѣ, безразлично—происходитъ ли соединеніе веществъ, или разложеніе, или какое-нибудь другое химическое превращеніе ²⁾. Если, напримеръ, тѣло горитъ—быстро ли, образуя пламя, или медленно, какъ желѣзо, когда оно ржавѣетъ,—оно не теряетъ своего вещества, какъ думали раньше, а наоборотъ: взвѣшивая его, мы видимъ, что оно прибавилось въ массѣ; и при болѣе глубокомъ изслѣдованіи мы убѣждаемся, что это прибавленіе происходитъ отъ кислорода, что этотъ кислородъ взять изъ окружающаго воздуха и что масса послѣдняго потеряла какъ разъ столько, на сколько увеличилась масса нашего тѣла. Всѣ изслѣдованія послѣдняго столѣтія приводятъ къ одному заключенію: во всякомъ процессѣ, какъ бы онъ ни былъ простъ или сложенъ, матерія не исчезаетъ и не создается; и если рядъ самыхъ новѣйшихъ, произведенныхъ съ возможно точными средствами, изслѣдованій показалъ, что нѣкоторыя химическія реакціи связаны съ измѣненіями (конечно, минимальными) въ вѣсѣ, то это ничего еще не говоритъ противъ постоянства массы ³⁾. Законъ сохраненія вещества сдѣлался такимъ образомъ фундаментомъ для цѣлой науки—химіи, и лишь съ созданіемъ этого

фундамента, съ введеніемъ вѣсовъ Лавуазье (Lavoisier), химія заслужила названія точной науки.

Если сохраненіе вещества мы называемъ фундаментомъ химіи, то это сравненіе можетъ и должно быть дополнено еще другимъ. Сохраненіе вещества является для химика также путеводной звѣздой; ее онъ долженъ имѣть всегда въ виду, чтобы не заблудиться; она указываетъ ему путь къ незнакомымъ еще берегамъ. Одно открытіе самаго послѣдняго времени представляетъ поистинѣ блестящій примѣръ, поясняющій эту мысль.

Законъ сохраненія вещества даетъ въ руки химику средство контролировать свои опыты, которое не совсѣмъ точно, но кратко можно выразить такъ: „анализъ долженъ сходиться“. Если онъ сходится, задача рѣшена. Если нѣтъ, т. е. если сумма частей не равна цѣлому, то прежде всего нужно предположить ошибку въ вычисленіи или въ самомъ опытѣ; если же такой ошибки нѣтъ, нужно заключить, что здѣсь кроется какая-то тайна, что въ изслѣдованномъ процессѣ участвуетъ еще какое-то неизвѣстное вещество. Блестящій примѣръ, о которомъ мы упомянули, относится къ окружающему насъ атмосферному воздуху, составъ котораго, казалось бы, долженъ быть давно извѣстенъ намъ въ точности. Однако же, когда нѣсколько лѣтъ тому назадъ англійскіе ученые Лордъ Рэлей (Rayleigh) и Рамзэй (Ramsay) произвели новыя чрезвычайно тщательныя изслѣдованія, то оказалось, что результаты анализа воздуха не сходились; и предположеніе, что атмосферный воздухъ содержитъ въ себѣ еще одно неизвѣстное вещество, оправдалось болѣе, чѣмъ достаточно: въ атмосферѣ дѣйствительно постепенно нашли съ полдюжины такихъ новыхъ веществъ, относительныя пропорціи которыхъ, правда, ничтожны, но абсолютное содержаніе настолько велико, что въ настоящее время ихъ можно покупать бутылками! ⁴⁾

Но несмотря на все это, несмотря на всѣ триумфы нашего закона, мы должны помнить, что умѣренность и осторожность признаки истинной мудрости, и потому не станемъ расширять рамки нашего закона еще больше, чѣмъ это

уже сдѣлано. Мы будемъ его придерживатьея настолько и до тѣхъ поръ, пока онъ примѣнимъ; когда же намъ встрѣтится событіе, противорѣчащее этому закону, мы сложимъ оружіе и скажемъ: здѣсь предѣлъ естествознанія. Грандіознѣйшее событіе такого рода воспоминается само собой: это сотвореніе міра по разсказу первой и величайшей изъ всѣхъ книгъ. Столкнувшись съ этимъ событіемъ, естествоиспытатель, помня, что вещество не можетъ создаваться, прежде всего станетъ на почву скептицизма и, опираясь на свой законъ, будетъ утверждать: міръ существуетъ испоконъ вѣка и всегда содержалъ въ себѣ столько же вещества, сколько онъ содержитъ теперь. Но затѣмъ, что бы не оттолкнуть отъ себя окончательно тѣхъ, кто не хочетъ отказаться отъ мысли о сотвореніи міра, онъ имъ скажетъ: хорошо, вѣрьте сотворенію міра, оно относится къ области внѣ нашего закона; вѣрьте также чудесамъ, въ которыхъ вещество создается и уничтожается; такіа чудеса означаютъ собой перерывъ въ естественномъ теченіи событій и относятся къ другой области, не касающейся естественнонаучнаго познанія; но, помимо этого, въ ограниченной такимъ образомъ области естественнонаучнаго познанія нѣтъ ничего такого, о чемъ бы мы расходились въ мнѣніяхъ, что бы мѣшало намъ идти подъ однимъ знаменемъ: знаменемъ закона сохраненія вещества.

III.

Является ли законъ сохраненія вещества единственной путеводной звѣздой естествоиспытателя? На основаніи предыдущаго этотъ вопросъ можно замѣнить другимъ: единственная ли наука химія? На послѣдній вопросъ читатель отвѣтитъ отрицательно, удивляясь даже, какъ вообще можно было его задать. Развѣ не существуютъ физика и астрономія, минералогія и геологія, ботаника и зоологія? Развѣ къ естествознанію не принадлежатъ науки о землѣ и челоуѣкѣ — послѣдняя со всѣми своими отраслями, включая и медицину? Конечно, вопросъ поставленъ не въ этомъ смыслѣ. Астрономія—это та же физика небесныхъ тѣлъ, а все, что въ т. наз. описательныхъ наукахъ выходитъ изъ предѣловъ

простого описанія и является настоящей и точной наукой, все это представляет собой также не что иное, как физику или химию. Яснѣ всего это видно на минералогіи: минералы—это химическія соединенія или смѣси, и формы ихъ, кристаллы, подчинены законамъ физики. То же самое можно сказать и о растительныхъ и животныхъ организмахъ съ той лишь разницей, что здѣсь, по крайней мѣрѣ, при настоящемъ положеніи науки, мы имѣемъ еще третій элементъ: совокупность всѣхъ различныхъ жизненныхъ принциповъ въ старыхъ и новыхъ видахъ, какъ жизненная сила, развитіе, подборъ, наслѣдственность, приспособленіе и т. д.—принциповъ, о которыхъ въ настоящее время еще нельзя сказать, не сведутся ли они въ концѣ концовъ въ свою очередь къ физическимъ и химическимъ законамъ. Во всякомъ случаѣ это понятія, которыхъ еще нельзя опредѣлить точно въ математическомъ смыслѣ. Точно во всѣхъ естественныхъ наукахъ только то, что принадлежитъ химіи или физикѣ. Такимъ образомъ, мы можемъ отвѣтить на заданный въ началѣ главы вопросъ слѣдующимъ образомъ: наряду съ химіей стоитъ родственная ей наука—физика. Но что вѣрно для одного, то годится и для другого, и намъ теперь предстоитъ задача отыскать основное начало и для этой науки,—начало, которое служило бы для физика такой же путеводной звѣздой въ его трудныхъ странствованіяхъ, какою принципъ сохраненія вещества является для химика ⁵⁾.

Что же представляетъ собой физика и въ какомъ отношеніи стоитъ она къ своей сестрѣ химіи? Прежде говорили—и мы пока воспользуемся этимъ выраженіемъ,—что физика есть ученіе о силахъ природы, точно такъ же, какъ химія—ученіе о веществахъ природы. Такимъ образомъ вещество и сила являются противоположностями; это—тотъ дуализмъ, который старъ, какъ человѣческая мысль; дуализмъ, который просвѣщенные умы всѣхъ временъ стремились побороть и свести къ монизму (единству), съ успѣхомъ ли—это сюда не относится ⁶⁾. Подобно тому, какъ въ природѣ мы находимъ золото и серебро, воду и воздухъ, хлорофилъ и бѣлокъ, точно такъ же существуютъ силы, производящія движеніе, давленіе, нагрѣваніе, свѣщеніе, силы элек-

трическія и магнитныя, и подобно тому, какъ всякій химическій процессъ представляетъ собой взаимодействіе веществъ, такъ точно всякій физическій процессъ есть взаимодействие силъ. Это не значитъ, что тамъ мы имѣемъ только вещества, а здѣсь только силы, такъ какъ и въ химическихъ процессахъ участвуютъ силы, а физическіе связаны съ вещественнымъ міромъ; но въ первомъ случаѣ нашъ интересъ направленъ на вещественныя измѣненія, во второмъ—на силовыя явленія 7).

Читатель, вѣроятно, уже готовъ назвать тотъ основной законъ физики (а вмѣстѣ съ ней и другихъ точныхъ наукъ), о которомъ идетъ рѣчь: законъ сохраненія силы. Совершенно вѣрно, если мы удержимъ выраженіе, господствовавшее въ теченіе болѣе столѣтія. Но за это время мы научились быть болѣе точными въ формальномъ отношеніи и потому предпочитаемъ выяснить вполне опредѣленно смыслъ такого важнаго выраженія, какъ „сила“. Философы, въ особенности прежнихъ временъ, нисколько не стѣснялись придавать старымъ выраженіямъ все новый смыслъ; и въ высшей степени интересно прослѣдить, какимъ измѣненіямъ подвергались съ теченіемъ времени почти всѣ важныя выраженія философскаго языка. Это настоящій калейдоскопъ, картины котораго могли бы привести насъ въ восхищеніе, если бы онѣ не были слишкомъ разнообразны и не возбуждали въ насъ желанія увидѣть, наконецъ, тотъ простой кусочекъ стекла, которому онѣ обязаны своимъ происхожденіемъ,—хотя бы для этого намъ пришлось сломать весь приборъ. Мы сдѣлаемъ это въ интересахъ большей ясности. Сила есть только то, что мы, удовлетворяя нашей потребности причиннаго объясненія, считаемъ причиной даннаго явленія природы; самое же явленіе становится, такимъ образомъ, слѣдствіемъ этой причины. Слѣдовательно, сила это нѣчто такое, о чемъ мы не знаемъ и не можемъ знать ничего объективнаго просто потому, что она не объективна и имѣетъ только признаки, которые мы субъективно придали ей, формулируя эту причинную связь. Изъ этого ясно, что силѣ, въ абстрактномъ смыслѣ слова, нельзя приписать ничего, что могло бы служить основнымъ принципомъ для реальнаго міра. Но если

въ физикѣ имѣется принципъ сохраненія, если имѣется нѣчто постоянное, неизмѣнное въ безконечномъ разнообразіи явленій природы, то это нѣчто не можетъ быть абстрактнымъ, какъ сила, а, наоборотъ, должно быть реальнымъ, какъ вещество, хотя бы оно было для насъ невидимо и неосяземо.

Существуетъ ли вообще что-либо столь же реальное, какъ вещество? По какимъ признакамъ могли бы мы узнать реальность того нѣчто, которое мы должны искать? Я предлагаю немного грубый и обыденный примѣръ, противъ убѣдительности котораго никто, однако, ничего не возразить,—примѣръ, взятый изъ обыденной жизни, изъ банальной дѣйствительности, и значеніе котораго каждый неизбежно испытываетъ на самомъ себѣ. Существуетъ ли, спросимъ мы, кромѣ вещества, еще что-нибудь, стоящее денегъ? Никто въ настоящее время не замедлитъ на это отвѣтить: существуетъ, а именно—работа, оплачиваемая деньгами и при нѣкоторыхъ условіяхъ стоящая гораздо больше, чѣмъ тотъ матеріалъ, къ которому она прилагается. Такъ, въ современномъ микроскопѣ цѣной, скажемъ, въ 500 рублей стоимость матеріаловъ, считая много, не превышаетъ 50 рублей, остальное же падаетъ на работу. При этомъ мы не станемъ различать, какъ то дѣлаютъ политико-экономы, между рискомъ и предприимчивостью, между умственной и физической работой, между работой человѣческой и машинной, а соединимъ все въ одно понятіе работы.

Такимъ образомъ, какъ мы видимъ, намъ приходится оплачивать и матеріалъ и работу; наряду съ веществомъ существуетъ, слѣдовательно, еще нѣчто другое, не менѣе реальное—работа.

И разъ мы уже коснулись денежнаго вопроса, попробуемъ, исходя изъ него, выяснить себѣ, что такое собственно работа. Наймемъ рабочаго и поручимъ ему внести на такую-то высоту столько-то кирпичей. За такого рода трудъ мы можемъ заплатить двоякимъ, совершенно различнымъ образомъ. Съ одной стороны, мы можемъ платить за потраченное на эту работу время, т. е. по часамъ, безразлично, сколько бы рабочій за это время ни успѣлъ; однимъ словомъ, мы нанимаемъ его за плату по времени. Это не

всегда удобно: если рабочій недобросовѣстенъ, онъ будетъ лѣниться, зная, что жалованье ему во всякомъ случаѣ обезпечено; если же онъ трудолюбивъ, то его стараніе останется недостаточно вознагражденнымъ. Кромѣ того, даже у одного и того же рабочаго количество сдѣланной работы не возрастаетъ постоянно пропорціонально времени: вслѣдствіе утомленія оно увеличивается постепенно все медленнѣе, -- и въ послѣднее время нерѣдко оказывалось на практикѣ, что, напримѣръ, при 9-часовомъ рабочемъ днѣ зарабатывалось столько-же, сколько при 10-часовомъ.

Во всѣхъ этихъ отношеніяхъ гораздо совершеннѣе другой способъ оплаты работы: сдѣльная или поштучная плата, т. е. плата по дѣйствительно сдѣланной работѣ. Правда, во многихъ случаяхъ работу нельзя выразить въ цифрахъ, напримѣръ, работу фабричнаго мастера, который руководитъ производствомъ своего отдѣленія, слѣдитъ за рабочими, смотритъ за порядкомъ и т. д. Или—чтобы взять примѣръ изъ другой области—въ обученіи; вѣдь я не могу сказать учителю музыки: вы получите 3000 рублей, если сдѣлаете моего сына вторымъ Іоахимомъ. Въ такихъ случаяхъ, слѣдовательно, приходится оставаться при платѣ по времени и утѣшаться тѣмъ, что практика, дифференцируя трудъ, со временемъ сама косвеннымъ образомъ создаетъ мѣру для производительности, такъ что хорошій фабричный мастеръ получить за часъ больше, чѣмъ негодный, и хорошій учитель больше, чѣмъ плохой.

Въ наукѣ считаются только съ количествомъ произведенной работы. Въ томъ типичномъ случаѣ, когда преодолевается сила притяженія земли, мѣрой работы служить произведеніе поднятаго вѣса на высоту подъема, вообще же говоря—произведеніе силы на пройденный путь. Значитъ, рабочій, подымая 10 кирпичей вмѣсто одного, производитъ работы въ 10 разъ больше: ему нужно было преодолѣть удесятеренную силу (тяжесть, вѣсъ). Но онъ производитъ также въ десять разъ больше работы, поднимая одинъ кирпичъ на высоту 10 метровъ вмѣсто одного; а если онъ подыметъ 10 кирпичей на 10 метровъ, то работа его увеличится въ 100 разъ.

<http://www.muzgig.ru>

Итакъ, работа—это поднятіе тяжести на большую высоту, въ буквально́мъ или въ переносномъ смыслѣ слова. Въ буквально́мъ—у рабочаго, въ переносномъ—у учителя, которому приходится преодоле́вать противо́дѣйствующую массу, поднимая ученика на большую духовную высоту; и работа учителя также увеличивается не только въ зависимости отъ высоты, на которую онъ подымаетъ ученика, но и отъ противо́дѣйствующей массы, т. е. малоспособности ученика. Бо́лѣ полной и наглядной аналогіи между чисто физическимъ и чисто духовнымъ явленіемъ нельзя и желать ⁸⁾.

IV.

Возвращаясь къ нашему противопоставленію вещества и работы, которое, какъ и всякое другое, въ сущности выражаетъ родство, мы можемъ провести слѣдующую параллель: всякое вещество, которымъ мы пользуемся, берется изъ накопленнаго въ мірѣ запаса; покупаемый хозяйкой сахаръ—изъ запаса лавочника, добываемый горнопромышленнымъ обществомъ уголь—изъ угольныхъ запасовъ глубины земли. Точно такъ же вся производимая работа берется изъ мірового запаса работы.

Для этого мірового запаса работы существуетъ особое названіе, и въ виду классическаго и международнаго характера современной науки совершенно понятно и цѣлесообразно, что это названіе взято изъ греческаго языка; правда, въ другомъ смыслѣ оно уже давно перешло въ современную рѣчь. Міровой запасъ работы называютъ энергіей міра, а запасъ работы, имѣющійся въ отдѣльной части міра, напримѣръ, въ какомъ-нибудь тѣлѣ,—энергіей этого тѣла ⁹⁾.

Вездѣ, куда мы ни взглянемъ, мы находимъ вещество, вездѣ находимъ также и энергію; и какъ вещество, такъ и энергія находятся то въ состояніи покоя, то въ движеніи, т. е. въ перемѣщеніи, то, наконецъ, даже въ состояніи превращенія; и какъ химія есть наука о превращеніяхъ вещества, такъ физика есть наука о превращеніяхъ энергіи ¹⁰⁾.

Выраженіе: „въ такомъ-то тѣлѣ заключается энергія“ не слѣдуетъ понимать отвлеченно, а, наоборотъ, совершен-

но конкретно. Летящее пушечное ядро заключаетъ въ себѣ не только нѣсколько килограммовъ металла, но также порядочное количество энергіи; и то и другое одинаково вѣрно и реально. То же самое можно сказать о заведенной часовой пружинѣ или о складѣ динамита. Вещество не болѣе реально, чѣмъ энергія,—оба познаются исключительно по своимъ дѣйствіямъ: вещество по своему дѣйствию на чувство осязанія, напимѣръ, по тому, что при ощупываніи оно оказываетъ извѣстное сопротивленіе моимъ пальцамъ, а также—и это еще важнѣе—по своему дѣйствию на глазъ, въ которомъ оно вызываетъ опредѣленные впечатлѣнія формы и цвѣта; энергія же по своимъ характернымъ дѣйствіямъ. И нельзя утверждать, чтобы дѣйствія попавшаго въ цѣль пушечнаго ядра или взорвавшагося склада динамита были нереальны. Слѣдовательно, энергія есть нѣчто реальное, съ чѣмъ мы можемъ обращаться, какъ съ веществомъ, что мы можемъ покупать и продавать, накапливать и расточать ¹¹⁾, что—подобно веществу—существуетъ въ многочисленныхъ видахъ: въ видѣ механической и звуковой энергіи, тепловой и свѣтовой, магнитной и электрической, химической и жизненной; наконецъ, энергія реальна и въ томъ отношеніи, что, подобно веществу, ее можно точно измѣрять.

Здѣсь мы подходимъ къ важному и трудному вопросу: какъ измѣрять энергію и однородную съ ней, истекающую изъ нея работу? Отвѣтъ на этотъ вопросъ вызываетъ у физика чувство зависти къ химику. Для измѣренія всѣхъ видовъ вещества имѣется одинъ и тотъ же инструментъ: вѣсы; и намъ кажется совершенно естественнымъ, что ими можно взвѣшивать золото и сѣрную кислоту, хлѣбъ и книги. Къ сожалѣнію, аналогичнаго инструмента для энергіи нѣтъ, нѣтъ общихъ вѣсовъ для различныхъ видовъ ея, и врядъ ли можно и рассчитывать, чтобы когда-либо удалось построить такой инструментъ. Въ принципѣ это не лишено возможности, такъ какъ всѣ виды энергіи между собой, такъ сказать, родственны; но дѣйствительное осуществленіе этого очень невѣроятно. Такимъ образомъ, для каждаго вида энергіи мы употребляемъ особые измѣрительные приборы: механиче-

ская энергія измѣряется динамометромъ и другими, хорошо извѣстными технику, инструментами, теплота—калориметромъ, электрическая энергія—электрическимъ счетчикомъ, извѣстнымъ въ настоящее время даже хозяйкамъ, и т. д.

При такихъ условіяхъ мы можемъ утѣшаться тѣмъ, что одного, по крайней мѣрѣ, мы уже добились: общихъ единицъ мѣры для всѣхъ видовъ энергіи, т. е. того, чѣмъ для вещества въ наукѣ служить граммъ, а въ обиходѣ обыкновенно килограммъ.

Послѣ того, что было сказано выше о сущности работы, объ ея измѣреніи сообразно ея производительности, не подлежитъ сомнѣнію, какого рода единицу мѣры нужно принять для работы и энергіи. Опираясь на нашъ примѣръ поднятой тяжести, мы замѣтимъ, что работа должна заключать въ себѣ и единицу массы и единицу пути; и если мы, слѣдуя практикѣ, возьмемъ для первой килограммъ, для второй метръ, то мы получимъ практическую единицу работы „килограмметръ“, т. е. работу, производимую при поднятіи одного килограмма на высоту одного метра. Въ наукѣ общепринята другая единица: „эргъ“, строгое объясненіе которой повело бы насъ слишкомъ далеко; чтобы дать представленіе объ этой величинѣ, будетъ поэтому достаточно сказать, что она представляетъ собой приблизительно работу, производимую при поднятіи на одинъ сантиметръ весьма маленькой разновѣски изъ набора для чувствительныхъ вѣсовъ, именно миллиграмма (обыкновенно это маленькій кусочекъ алюминіевой проволоки); говоря точнѣе, эргъ приблизительно на 2 процента больше этой работы ¹²⁾. Во всякомъ случаѣ эргъ, какъ видно, совершенно незначительная величина работы, такъ что для техники ее увеличиваютъ во много разъ и употребляютъ, напримѣръ, килоэргъ (1000 эрговъ) и мегаэргъ (1 миллионъ эрговъ). Какъ малъ 1 эргъ, можно лучше всего судить по его стоимости. На нашихъ электрическихъ станціяхъ считаютъ обыкновенно „килоуаттъ-часами“; другими словами, это есть количество энергіи, равное 36 билліонамъ эрговъ; и такой „килоуаттъ-часъ“ стоитъ приблизительно 18 копѣекъ (иногда, смотря по условіямъ, нѣсколько больше или меньше); изъ этого слѣдуетъ,

что производство одного эрга оплачивается всего лишь одной билліонной частью полушки! ¹³⁾

И все-таки нельзя сказать, что въ такомъ случаѣ эргъ — величина, стоящая ниже всего, что играетъ роль въ природѣ и жизни человѣка, и что лучше было бы совсѣмъ не вводить такой величины, которая ничего собой не представляетъ. Это мы можемъ подтвердить примѣромъ — однимъ изъ многихъ — въ области звука. Въ послѣднее время удалось измѣрить работу, производимую звукомъ, который попадаетъ на нашу барабанную перепонку; и при этомъ оказалось, что, если эта работа составляетъ лишь одну тысячную эрга, мы еще слышимъ очень громкій звукъ, но что мы получаемъ еще ясное ощущеніе звука даже тогда, когда эта энергія равна только одной милліонной части эрга! Еще одинъ примѣръ едва постижимыхъ контрастовъ природы.

V.

Перенесемся теперь на короткое время въ XVIII столѣтіе, въ ту эпоху, когда великіе мыслители почти всѣ были одновременно философами, математиками и естествоиспытателями. Въ этомъ столѣтіи, благодаря умственной работѣ Лейбница (Leibnitz) и Гюйгенса (Huyghens), братьевъ Бернулли (Bernoulli) и Лагранжа (Lagrange), наука обогатилась познаніемъ закона, который сперва имѣлъ сравнительно ограниченное поле примѣненій, но уже заключалъ въ себѣ зародышъ тѣхъ прекрасныхъ плодовъ, которые достались слѣдующему, также отошедшему уже въ прошлое, XIX столѣтію.

Законъ, о которомъ идетъ рѣчь, относится къ двумъ понятіямъ: одно называлось тогда живой силой, другое — мертвой, или силой напряженія; въ настоящее время мы называемъ ихъ энергіей движенія и энергіей напряженія или же энергіей кинетической и потенціальной. Живой силой обладаютъ тѣла, находящіяся въ движеніи; она, съ одной стороны, тѣмъ больше, чѣмъ больше масса тѣла, съ другой — чѣмъ быстрѣе оно движется; при этомъ двойной массой отвѣчаетъ сила въ два раза, двойной же скорости — въ четыре раза бóльшая (тройной скорости уже въ девять разъ

большая и т. д.). Примѣромъ можетъ служить уже разъ упомянутое пушечное ядро, живая сила или, какъ мы теперь будемъ выражаться, кинетическая энергія котораго возрастаетъ пропорціонально его массѣ и квадрату его скорости; такъ, напримѣръ, взявъ сначала одно ядро, а затѣмъ другое, въ четыре раза легче, можно получить со вторымъ то же дѣйствіе, если только сообщить ему двойную скорость ¹⁴⁾. Силой же напряженія или потенціальной энергіей можетъ обладать также тѣло, находящееся въ покоѣ, если только оно имѣетъ стремленіе двигаться, какъ только къ тому представится возможность. Энергіей напряженія обладаетъ, напримѣръ, заведенная часовая пружина или шаръ, висящій на короткой ниткѣ подъ потолокомъ комнаты. Такой шаръ находится, такъ сказать, въ состояніи напряженія относительно земли, въ состояніи, которое тривіально, но вѣрно можно описать такъ: шаръ хотѣлъ бы упасть внизъ, но не можетъ. Но если пережечь нитку, шаръ дѣйствительно падаетъ внизъ: его потенціальная энергія постепенно превращается въ кинетическую, точно такъ же, какъ это происходитъ въ теченіе 24 часовъ съ часовой пружиной. Напряженіе шара дѣлается все меньше, скорость его все больше ¹⁵⁾.

Если въ подобныхъ случаяхъ въ каждый моментъ измѣрять какъ силу напряженія, такъ и живую силу, то оказывается, что, хотя каждая изъ нихъ непрерывно мѣняется свою величину, сумма ихъ обѣихъ остается совершенно постоянной. Это и есть законъ живой силы, или какъ мы теперь выражаемся, законъ сохраненія механической энергіи, входящій уже болѣе столѣтія въ неприкосновенный фондъ естествознанія. Механика есть наука о движеніи и для этой широкой области знанія, съ ея приложеніями къ самымъ различнымъ отраслямъ техники, этотъ нашъ законъ сталъ съ тѣхъ поръ главнѣйшимъ основаніемъ. Механическая работа такъ же, какъ и вещество, не можетъ быть произведена изъ ничего; всѣ машины, которыя строятъ человѣкъ въ своемъ стремленіи къ прогрессу, могутъ имѣть лишь одну цѣль: направить механическую работу на болѣе удобные пути, приспособить ее въ каждомъ случаѣ къ даннымъ условіямъ. Какъ кулинарное искусство дѣлаетъ кушанья вкуснѣе

и разнообразіе, но не въ состояніи увеличить ихъ питательность выше той мѣры, какая заключалась въ нихъ съ самаго начала, такъ и никакой механизмъ не можетъ доставить больше энергіи, чѣмъ въ него было вложено. Какъ бы далеко и разнообразно ни развивались еще механика и механическая техника, предѣлы ихъ всегда будутъ указаны закономъ сохраненія механической энергіи ¹⁶⁾.

VI.

Мы совершаемъ экскурсію на высокую гору и могли бы, пожалуй, вообразить себѣ, что уже достигли ея вершины, если бы глаза не показали намъ, что мы пока еще дошли только до хижины, какія устраиваютъ для привала горные клубы. Каждый мыслящій человѣкъ можетъ убѣдиться, что набросанная нами до сихъ поръ картина энергіи, если въ ней и нѣтъ невѣрностей, во всякомъ случаѣ далеко не полна. Для этого достаточно возвратиться къ нашему примѣру шара, падающаго на полъ послѣ того, какъ мы пережгли нитку. Этотъ шаръ при паденіи теряетъ постепенно свою потенциальную энергію, но зато приобретаетъ кинетическую; и непосредственно передъ тѣмъ, какъ шаръ коснется земли, вся его потенциальная энергія уже превращена въ кинетическую. Но что же происходитъ въ слѣдующій моментъ? Напряженіе по отношенію къ землѣ исчезло, такъ какъ шаръ уже достигъ пола; но и кинетическая энергія исчезла, какъ бы сразу уничтожилась, такъ какъ шаръ неподвижно лежитъ на землѣ. Въ шарѣ вообще больше не осталось энергіи: она уничтожена—и законъ сохраненія энергіи звучитъ насмѣшкой. По виду, въ этомъ и въ безчисленныхъ подобныхъ случаяхъ онъ какъ будто не справедливъ: механическая энергія на самомъ дѣлѣ потерялась. Но отъ такихъ потерь природа застрахована, какъ человѣкъ отъ пожара, съ той только разницей, что она, не имѣя возможности сдѣлать это иначе, застраховалась у самой себя. Потеря механической энергіи, что можно доказать сколько-нибудь точнымъ наблюденіемъ, возмѣщается, и при томъ весьма различнымъ образомъ. Такъ, ударъ шара можетъ сжать землю и вызвать въ ней состояніе напряженія; вслѣдствіе

этого земля сама приобрѣтаетъ потенциальную энергію, которая при случаѣ можетъ выразиться, напримѣръ, въ томъ, что земля начинаетъ звучать. Или же (и мы на этомъ случаѣ здѣсь остановимся) она отъ удара нагрѣлась, образовалась теплота.

Перенесемся въ міръ возрѣвнй, господствовавшихъ сто лѣтъ тому назадъ, и мы найдемъ, что въ области, гдѣ развитіе идетъ безостановочно, достаточно ста лѣтъ, чтобы низвести представленія величайшихъ умовъ на уровень представленій неразвившагося мальчика. Вообразите себѣ, что такой мальчикъ въ первый разъ выращиваетъ въ стеклянномъ сосудѣ куколку мотылька; въ одинъ прекрасный день онъ бѣжитъ къ отцу съ восклицаніемъ: сегодня случилось два чуда—исчезла куколка и появился прелестный мотылекъ! Отецъ улыбнется и возразитъ: тутъ ни двухъ, ни даже одного чуда нѣтъ, а просто куколка превратилась въ мотылька. И вотъ сто лѣтъ тому назадъ теплоту считали веществомъ и въ упомянутомъ опытѣ падающаго и нагрѣвающаго землю шара видѣли двойное чудо: потерю механической энергіи, или, короче говоря, работы, и образование вещества—теплоты изъ ничего; для объясненія этого факта прибѣгали къ самымъ искусственнымъ представленіямъ. Теперь же мы говоримъ, какъ отецъ мальчику: очень просто, теплота вовсе не вещество, а также видъ энергіи, и механическая энергія просто превратилась въ тепловую, работа превратилась въ тепло.

Кому случалось путешествовать по Карсту или подобной мѣстности известковой формации, тотъ, навѣрно, познакомился съ двумя удивительнѣйшими явленіями природы на нашей планетѣ: рѣка, уже довольно многоводная, внезапно исчезаетъ въ землѣ; въ другомъ же мѣстѣ, наоборотъ, изъ земли вырывается потокъ: не маленькій источникъ, а настоящая, часто довольно широкая рѣка. Лишь сравнительно недавно географамъ пришло въ голову, что вторая рѣка не что иное, какъ продолженіе первой, и это предположеніе подтвердилось во многихъ случаяхъ простыми опытами.

Всѣ эти сравненія показываютъ, что далеко не одно и то же судить о какомъ-нибудь предметѣ съ точки зрѣнія

познанія, уже пріобрѣтеннаго, и познанія, которое еще предстоитъ себѣ усвоить. Когда мы уже знаемъ, что гусеница, куколка и мотылекъ принадлежать къ одному роду, идея объ ихъ превращеніи сама собой понятна; но если это еще неизвѣстно, то нужна смѣлость для того, чтобы настаивать на ихъ родствѣ, несмотря на огромное внѣшнее различіе. Движеніе же и теплота представляются для несвѣдущаго столь различными, что смѣлость ученыхъ, которые привели ихъ въ непосредственную связь, заслуживаетъ не меньшаго удивленія, чѣмъ ихъ проницательность.

Конечно, смѣлость становится легкомысліемъ, если она совершенно безоружна. Кто вздумалъ бы утверждать, что селедка можетъ превратиться въ щуку, тотъ только выставилъ бы себя на посмѣшище. Однако, итальянецъ Грасси (Grassi) прославился недавно, доказавъ, что одна давно извѣстная морская рыба представляетъ собой не что иное, какъ неизвѣстную до тѣхъ поръ раннюю стадію развитія угря, хотя между ними нѣтъ ни малѣйшаго сходства. Кто утверждаетъ, что теплота и механическая энергія однородны, тотъ долженъ привести неоспоримое доказательство этого, долженъ показать, что, гдѣ бы и какимъ бы образомъ работа ни превращалась въ теплоту, опредѣленное количество работы производить всегда одно и то же количество теплоты и что это вѣрно и тогда, когда теплота превращается въ работу. Для работы мы уже имѣемъ единицы мѣры: въ практикѣ килограмметръ, въ наукѣ эргъ; въ свою очередь для теплоты также имѣется единица мѣры, называемая калоріей: количество теплоты, которое требуется, чтобы нагрѣть съ 4° до 5° Цельзія единицу количества воды, именно въ практической жизни вѣсъ килограмма (большая калорія), въ наукѣ массу грамма (грамм-калорія). Такимъ образомъ нужно доказать, что для образованія одной калоріи всегда нужно израсходовать одно и то же количество килограмметровъ или эрговъ—безразлично, происходитъ ли превращеніе работы въ теплоту ударомъ или треніемъ, сжатіемъ или дѣйствіемъ электрическаго тока, тѣмъ или другимъ самымъ простымъ или самымъ сложнымъ процессомъ. Это доказательство въ теченіе второй половины истекшаго

столѣтія было дано въ безчисленныхъ случаяхъ и привело къ слѣдующему заключенію: для нагрѣванія одного килограмма воды требуется столько же работы, сколько нужно для поднятія 428 килограммовъ на высоту одного метра. Слѣдовательно, 428 килограммсторовъ эквивалентны одной большой калоріи, или же 42 милліона эрговъ эквивалентны одной грамм-калоріи. Это число носить названіе рабочаго или механическаго эквивалента тепла, или просто теплового эквивалента; за этими сухими цифрами здѣсь скрывается одна изъ великихъ тайнъ природы, которая человѣкъ постепенно вырываетъ у нея по мѣрѣ развитія нашихъ знаній; это одно изъ тѣхъ чиселъ, которымъ по праву дано названіе универсальныхъ постоянныхъ природы ¹⁷⁾.

VII.

Послѣ того, какъ дорога была проложена, послѣ того, какъ убѣдились, что движеніе и теплота представляютъ собой эквивалентныя формы одного и того же начала—энергіи, ученые стали смѣло развивать новую идею дальше, до ея послѣднихъ выводовъ, и пришли къ слѣдующему заключенію: все, что лежитъ въ основѣ столь разнообразныхъ явленій природы—движеніе и теплота, свѣтъ и звукъ, электричество и магнетизмъ, химизмъ и кристаллизція—все это не что иное, какъ различные, стоящіе другъ къ другу въ опредѣленныхъ эквивалентныхъ отношеніяхъ виды энергіи, которая такимъ образомъ становится какъ бы самодержавной властительницей природы. Всѣ совершающіеся въ природѣ процессы представляютъ собою либо просто переносъ или перемѣщеніе энергіи; либо же они представляютъ собой измѣненія формы—иначе говоря, превращенія энергіи, т. е. превращенія напряженія въ движеніе, движенія въ электричество, электричества въ теплоту, теплоты въ свѣтъ.

Правда, въ естествознаніи уже съ давнихъ поръ было въ ходу красивое выраженіе: родство силъ природы. Но между этимъ выраженіемъ и новой идеей такая же разница, какъ между мракомъ туманныхъ спекуляцій и свѣтомъ точнаго естествонаучнаго познанія. Родство силъ природы было

такой плохой монетой, что давало полный просторъ фальсификаціи. Всякую внѣшнюю аналогію, всякую кажущуюся связь можно было выдавать за настоящее родство, какъ будто два однофамильца непременно должны быть родственниками, тогда какъ на самомъ дѣлѣ даже вѣроятность этого ничтожна. Новая идея, предъявляя совсѣмъ инныя требованія, не допускаетъ ничего подобнаго; въ каждомъ случаѣ она требуетъ доказательства эквивалентности, т. е. доказательства того, что изъ опредѣленнаго числа эрговъ всегда образуется опредѣленное количество, напримѣръ, электрической энергіи, и наоборотъ; произведеніе количества тока на напряженіе представляетъ здѣсь то же, что произведеніе силы на пройденный путь для механической энергіи. Разъ эта эквивалентность будетъ обнаружена для всѣхъ видовъ энергіи, то они всѣ могутъ быть сведены другъ къ другу, могутъ быть выражены одной и той же единицей мѣры, напримѣръ, эргомъ, и эти величины должны охватить, взятый лишь въ болѣе широкихъ рамкахъ, тотъ самый законъ, съ которымъ мы познакомились въ тѣсныхъ рамкахъ процессовъ движенія подъ именемъ закона сохранения механической энергіи. Послѣдній законъ, какъ мы видѣли, теряетъ свою силу, лишь только явленія сопровождаются теплотой, электрическими процессами и т. п.; но эта потеря широко вознаграждается чѣмъ-то гораздо болѣе цѣннымъ: мы приходимъ къ великому закону сохранения энергіи.

Теоретическія и экспериментальныя работы второй половины прошлаго столѣтія поставили этотъ законъ внѣ всякаго сомнѣнія. Сумма энергіи во вселенной, измѣренная въ эргахъ, неизмѣнна; она неизмѣнна также въ каждой отдѣльной системѣ, если только послѣдняя замкнута для энергіи подобнымъ же образомъ, какъ въ приведенномъ раньше примѣрѣ для вещества, если она не обмѣнивается энергіей съ остальнымъ міромъ (что въ обоихъ случаяхъ можетъ быть только приблизительно); такую систему можно соотвѣтственно назвать энергетически-полной. Комнатный холодильникъ, напримѣръ, представляетъ собой попытку, хотя и чрезвычайно несовершенную, создать „адиабатическую“ систему для

одного из видовъ энергии—теплоты; подобную же задачу долженъ рѣшать судовой компасъ относительно магнетизма судна. Если система не полна, то ее можно пополнить, присоединяя къ ней тѣ системы, съ которыми у нея происходитъ обмѣнъ энергии; сама по себѣ какая-нибудь система можетъ, напримѣръ, терять энергию; тогда дополняющая система будетъ столько же выигрывать, и энергія всей этой полной системы будетъ оставаться постоянной.

Постоянна—повторимъ еще разъ—лишь общая сумма всей энергии въ замкнутой системѣ, а не количество теплоты, напримѣръ, или количество электрической энергии, точно такъ же, какъ въ нашей стеклянной банкѣ постоянно лишь общее число гусеницъ, куколокъ и бабочекъ; число же каждаго въ отдѣльности можетъ измѣняться. Именно эти превращенія представляютъ наибольшій интересъ во всѣхъ явленіяхъ природы. И принципъ сохраненія энергии служить при этомъ для физика настоящей путеводной звѣздой, охраняющей его отъ заблужденій и открывающей ему новые пути. Гдѣ бы ни совершались превращенія энергии, въ природѣ ли, въ лабораторіи или на заводѣ, сумма энергии остается неизмѣнной, если только всѣ ея проявленія свести на одну и ту же мѣру¹⁸⁾; а тамъ, гдѣ „анализъ“ (который вполнѣ аналогиченъ вещественному анализу химика) не даетъ согласныхъ результатовъ, тамъ либо вкралась ошибка, либо же въ процессѣ еще скрыта какая-нибудь тайная энергія.

Но одинъ изъ важнѣйшихъ успѣховъ, которымъ мы обязаны нашему принципу, состоитъ, быть можетъ, въ томъ, что онъ изгналъ всѣ фантастическія идеи или, по крайней мѣрѣ, сдѣлалъ для нихъ невозможнымъ скрываться подъ маской науки, подобно тому, какъ это было сдѣлано въ химіи. Сюда прежде всего относится, какъ читатель, быть можетъ, уже догадался, издавна прославленная, лучше скажемъ, пресловутая проблема вѣчнаго двигателя (*perpetuum mobile*); кто въ настоящее время гонится за этимъ призракомъ, тотъ имѣетъ такъ же мало представленія объ основахъ физики, какъ ищущій квадратуры круга—объ основахъ математики.

И все же не слѣдуетъ издѣваться надъ *perpetuum mo-*

bile! Въдъ каждая вновь обманутая имъ въ теченіе вѣковъ надежда способствовала выработкѣ принципа сохраненія энергіи, правда лишь его одной, можно, пожалуй, сказать, „лучшей“ половины, а именно того закона, что энергія не можетъ создаваться изъ ничего. Ибо *perpetuum mobile* должно было представлять собой машину, не только находящуюся въ постоянномъ движеніи, согласно буквальному смыслу выраженія, но также дающую безграничное количество работы, при томъ, надо замѣтить, безъ питанія извнѣ, т. е. сама отъ себя. Такая машина создавала бы энергію; и тотъ фактъ, что всѣ подобныя попытки кончались неудачей, долженъ былъ постепенно пробудить сознаніе, что это не вопросъ большей или меньшей ловкости, а вопросъ принципа, и привести къ убѣжденію, что энергія и не можетъ создаваться. Уже въ послѣдствіи къ этому присоединилась вторая половина закона, что энергія не можетъ также исчезать.

Въ рамки нашего изложенія, имѣющаго въ виду только сущность предмета, не входятъ подробности, касающіяся отдѣльныхъ лицъ; но все же мы должны назвать тѣхъ выдающихся ученыхъ, имена которыхъ на вѣки связаны съ однимъ изъ величайшихъ успѣховъ познанія. Ихъ трое—соотвѣтственно тремъ стадіямъ развитія этого познанія. На первомъ мѣстѣ стоитъ скромный съ виду, но на самомъ дѣлѣ глубокой мыслитель; онъ, правда, высказывалъ только утвержденія и предположенія и не давалъ строгихъ доказательствъ; но и Сократъ, въ сущности, ограничивался утверженіями и постулатами, что вовсе не умаляетъ его величія. Швабскій врачъ Р. Майеръ (Robert Mayer) изъ Гейльброна, долго остававшійся непризнаннымъ и поздно добившійся славы, пришлецъ въ ученомъ мірѣ и баловень генія, первый ясно и широко выразилъ слѣдующее требованіе: всѣ силы (мы бы сказали: всѣ виды энергіи) въ природѣ должны стоять въ опредѣленномъ отношеніи эквивалентности другъ къ другу, такъ какъ иначе мы бы имѣли хаосъ, а не тотъ цѣльный порядокъ, который мы знаемъ и которымъ мы постоянно восхищаемся; Майеръ первый пытался, хотя и съ недостаточными средствами и потому безъ окончательнаго успѣха, провести мысль о числовой эквивалентности специально для

работы и теплоты. Кто въ настоящее время представилъ бы его основную работу, написанную въ 1842 году, въ качествѣ докторской диссертациі, тотъ, вѣроятно—и не совсѣмъ безъ основанія—получилъ бы отказъ, какъ получилъ его отъ своего издателя Майеръ (хотя и по противоположной причинѣ); а между тѣмъ большая часть работъ, которыя теперь представляются для той же цѣли, были бы невозможны безъ творенія Майера. Къ нему примыкаетъ англійскій физикъ и техникъ Джауль (Joule), который обладая тѣмъ, чего недоставало Майеру, такъ совершенно дополнялъ его, что здѣсь можно было бы говорить объ образцовомъ научномъ союзѣ и съ полнымъ основаніемъ превозносить этотъ союзъ, вмѣсто того, чтобы дѣлать изъ нихъ соперниковъ и невольныхъ героевъ шовинистическаго спора, длившагося десятки лѣтъ. Почти всю свою жизнь Джауль положилъ на то, чтобы при помощи самыхъ разнообразныхъ опытовъ, и въ малыхъ и въ самыхъ широкихъ размѣрахъ, доказать эквивалентность работы и теплоты и установить число, опредѣляющее ихъ отношеніе. Наконецъ, Гельмгольцъ (Helmholtz) въ своей знаменитой работѣ 1847 года „О сохраненіи силы“ строго-научнымъ образомъ распространилъ принципъ эквивалентности на всѣ виды энергіи и показалъ, къ какимъ выводамъ онъ приводитъ, какъ въ общемъ, такъ и въ частностяхъ.

VIII.

Въ исторіи многихъ выдающихся изобрѣтеній и открытій можно подмѣтить странное явленіе, которое можетъ навести на мысль, что мы, пожалуй, имѣемъ здѣсь дѣло съ своего рода закономъ. Дѣлается какое-нибудь открытіе и современникамъ его творца, не доросшимъ до него умственно, оно остается мало понятнымъ или совсѣмъ непонятнымъ; иногда бываетъ нужно цѣлое поколѣніе, нѣсколько десятилѣтій, чтобы оно могло найти себѣ заслуженную оцѣнку; но затѣмъ наступаетъ поворотъ и значеніе открытія преувеличивается; въ концѣ концовъ, иногда бываетъ совсѣмъ нелегко остановить этотъ разливъ и опредѣлить правильныя границы. Это—своего рода колебанія въ ту и дру-

гую сторону, какія наблюдаются въ началѣ многихъ процессовъ, физическихъ и умственныхъ, прежде чѣмъ установится равновѣсіе.

То же мы видимъ и здѣсь: послѣ того, какъ прошло цѣлое поколѣніе, пока принципъ энергіи не былъ признанъ вполнѣ, наступила эпоха его преувеличенной оцѣнки. Много разъ высказывалась мысль, что онъ представляетъ собою панацею всѣхъ недочетовъ естествознанія; его признавали чуть ли не единственнымъ основнымъ закономъ всего происходящаго во вселенной.

Здѣсь я позволю себѣ прервать на минуту нить своего изложенія и сдѣлать небольшое отступленіе. Намъ могутъ сказать: объ одномъ основномъ законѣ вовсе не можетъ быть и рѣчи, такъ какъ намъ извѣстно ихъ уже два—сохраненіе вещества и сохраненіе энергіи. Совершенно вѣрно; но оба эти закона имѣютъ по существу одно содержаніе: ихъ можно соединить въ одинъ принципъ сохраненія.

Можно даже сдѣлать еще шагъ дальше и признать въ принципѣ вещества лишь частный случай принципа энергіи; исходной точкой при этомъ можетъ служить соображеніе, что въ концѣ концовъ вещество есть не что иное, какъ форма проявленія дѣйствій энергіи (напримѣръ, дѣйствій давленія или свѣта), особенно рѣзко выдѣляющаяся своимъ чрезвычайнымъ постоянствомъ, носитель дѣйствій энергіи въ нашемъ представленіи, характерный родъ комплексовъ энергіи. Однако, мы не будемъ дальше развивать эту мысль, приложеніе которой встрѣчаетъ различныя затрудненія, и ограничимся лишь указаніемъ на этотъ принципъ сохраненія, какъ общій основной законъ, охватывающій и вещество и энергію.

Но спрашивается—и это снова возвращаетъ насъ къ нашей главной темѣ—дѣйствительно ли законъ сохраненія является основнымъ закономъ всѣхъ явленій природы? На этотъ вопросъ можно отвѣтить въ извѣстномъ смыслѣ утвердительно, но въ болѣе глубокомъ и въ окончательномъ смыслѣ—отрицательно; и достаточно поставить вопросъ болѣе точно, чтобы тотчасъ же убѣдиться въ этомъ и даже удивиться, какъ вообще можно было пытаться довольствоваться однимъ принципомъ сохраненія.

Вѣдь, что такое явленіе природы вообще? Что есть общаго во всѣхъ явленіяхъ, во всѣхъ процессахъ во вселенной? Очевидно—измѣненіе. То, что можетъ измѣняться, чрезвычайно разнообразно: мѣсто въ пространствѣ, скорость и направленіе движенія, давленіе, форма и цвѣтъ, клѣтки и органы живыхъ существъ; движеніе переходитъ въ теплоту, электричество въ свѣтъ, жизнь и смерть чередуются непрерывно. Всѣ эти измѣненія совершаются безъ перемѣны количества вещества и количества энергіи, и въ нихъ соблюдается принципъ сохраненія. Но вызываются ли они этимъ принципомъ? Конечно, нѣтъ; такъ какъ проще всего онъ осуществлялся бы въ томъ, что не происходило бы вообще ничего. Еслибы, напримѣръ, меня посадили въ темную комнату, заставленную бездѣлушками, съ единственной задачей ничего не разбить, то было бы очень глупо съ моей стороны стараться выполнить эту задачу иначе, какъ сидя на стулѣ безъ движенія; правда, я могъ бы также все время очень осторожно двигаться между этими хрупкими вещами, но такого рода рѣшеніе задачи было бы излишне сложнымъ. Такимъ образомъ, еслибы все сводилось къ одному принципу сохраненія, то въ мірѣ ничего не должно было бы происходить. Это и показываетъ намъ принципъ сохраненія въ его настоящемъ свѣтѣ: при всемъ своемъ огромномъ значеніи, онъ въ сущности носить только отрицательный характеръ, утверждая, что при всѣхъ измѣненіяхъ въ природѣ самыя количества вещества и энергіи остаются неизмѣнными ²⁹⁾. Поэтому въ сущности очень странно, если на вопросъ объ основномъ законѣ всѣхъ измѣненій въ природѣ отвѣчаютъ: количество вещества и энергіи не измѣняется. Это звучитъ такъ же, какъ еслибы на вопросъ о перемѣнахъ, какія происходили въ жизни Р. Майера, я бы отвѣтилъ: онъ всю жизнь носилъ фамилію Майера или, чтобы взять что-нибудь болѣе существенное: онъ оставался всегда, даже на высотѣ своей славы, тѣмъ же простымъ, скромнымъ человѣкомъ. Это, несомнѣнно, очень интересно, но не даетъ отвѣта на вопросъ, какія перемѣны были въ его жизни.

Принципъ сохраненія имѣетъ то единственное значеніе,

что ничто не должно совершаться вопреки его требованіямъ; но это не значить, что что-либо дѣйствительно истекаетъ изъ него самого, по его инициативѣ. Онъ является лишь надсмотрщикомъ, но не предпринимателемъ. Онъ имѣетъ распредѣлительный, а не производительный характеръ.

Эти антитезы порождаютъ вопросъ: не существуетъ ли наряду съ принципомъ сохраненія также принципъ измѣненія? Принципъ, который указывалъ бы, когда и что именно совершается въ мірѣ? Такъ какъ такого рода принципъ долженъ былъ бы охватывать все огромное разнообразіе явленій природы, то по справедливости къ нему нельзя предъявить слишкомъ много требованій; нужно довольствоваться чѣмъ-нибудь общимъ, какой-нибудь проявляющейся во всѣхъ процессахъ тенденціей. Будетъ уже большимъ успѣхомъ, если удастся: во-первыхъ, противопоставить условія, при которыхъ ничего не совершается и при которыхъ что-либо совершается; во-вторыхъ, разъ что-нибудь происходитъ, опредѣлить, почему происходитъ именно это, а не какъ разъ противоположное. Подобныя противоположныя возможности, если разсуждать чисто логически, вѣдь всегда имѣются: тѣло, которое не остается на одномъ мѣстѣ, можетъ двигаться или влѣво или вправо, оно можетъ либо нагреваться либо охлаждаться; находящійся въ соляномъ растворѣ кристаллъ можетъ либо уменьшаться вслѣдствіе растворенія либо увеличиваться путемъ наростанія, болѣзнь можетъ оканчиваться либо выздоровленіемъ либо смертию. Это, какъ сказано, логическія, т. е. мыслимыя возможности; въ дѣйствительности можетъ, конечно, всегда наступить только либо одно либо другое, такъ какъ иначе исчезла бы всякая опредѣленность, всякій порядокъ вещей; и совершается ли на самомъ дѣлѣ одно, а не другое, или наоборотъ, въ этомъ заключается главный вопросъ, о которомъ идетъ здѣсь рѣчь.

IX.

Въ явленіяхъ природы нетрудно подмѣтить извѣстныя тенденціи. Начнемъ съ перемѣщенія тѣла и возьмемъ для

примѣра тѣ движенія, которыя мы приписываемъ силѣ тяжести, т. е. силѣ притяженія, предполагаемой внутри земли. Эти движенія называются паденіемъ, и это названіе заключаетъ уже въ себѣ тенденцію. „Все падаетъ внизъ, а не вверхъ“, скажетъ всякій. Всѣ воды въ природѣ текутъ по долинамъ внизъ и при этомъ влекутъ еще съ собою твердыя частицы, которыя осаждаются ими ниже, напримѣръ, въ устьяхъ рѣкъ; каждая лавина и каждый горный обвалъ переноситъ тѣла сверху внизъ, съ высшаго уровня на низшій. Эту тенденцію нельзя лучше характеризовать, какъ словомъ выравниваніе, выравниваніе разныхъ уровней поверхности земли, которое совершается медленно, но неумолимо. Сколько рѣкъ и озеръ уже занесено пескомъ, сколько нѣкогда извѣстныхъ гаваней потеряло свое значеніе, сколько цвѣтушихъ усадебъ, даже цѣлыхъ деревень засыпано горными обвалами. И, по расчету геологовъ, будутъ „снесены“, хотя и въ далекомъ будущемъ, величайшія горы Европы—Альпы.

Противъ этой теоріи выравниванія можно, правда, сдѣлать простое и основательное возраженіе и это приводитъ насъ къ важному сопоставленію различныхъ процессовъ. Дѣло въ томъ, что есть много процессовъ, при которыхъ имѣющіяся различія уровней не уменьшаются, а наоборотъ, еще больше увеличиваются. Сюда относится прежде всего дѣятельность человѣка, который, напримѣръ, при каждой постройкѣ подымаетъ матеріалъ съ поверхности земли на высоту. Но и природа сама нерѣдко проявляетъ свою дѣятельность въ томъ же направленіи: укажемъ лишь на наиболѣе бросающееся въ глаза явленіе изверженія лавы и камней изъ глубины земли въ дѣйствующихъ вулканахъ. И совершенно правильно изъ году въ годъ подымается вверхъ въ видѣ пара вода океановъ. Такимъ образомъ необходимо дѣлать различіе между двумя классами явленій противоположнаго характера, которыя можно назвать произвольными и вынужденными, при чемъ произвольныя возникаютъ „сами собой“, т. е. своей силой, вынужденныя же требуютъ внѣшняго, посторонняго содѣйствія; въ первомъ изъ приведенныхъ примѣровъ такое содѣйствіе оказываетъ человѣкъ, во второмъ—находящаяся внутри земли сила напря-

женія, въ третьемъ—солнечная теплота. Такимъ образомъ, всѣ произвольные процессы ведутъ во всякомъ случаѣ къ выравниванію разныхъ уровней; вынужденные же процессы такого дѣйствія не имѣютъ, но сами требуютъ содѣйствія со стороны, и отсюда возникаетъ осложненіе, которое сперва мѣшаетъ намъ понять тенденцію этихъ процессовъ.

Мы говорили до сихъ поръ о движеніи матеріи и о вызываемомъ имъ выравниваніи. Подобное же мы видимъ, и въ другихъ областяхъ, напримѣръ, въ теплотѣ. Два важнѣйшихъ тепловыхъ процесса—это излученіе и проводимость теплоты. Посредствомъ излученія горячее солнце отдаетъ теплоту болѣе холодной землѣ, а твердый земной шаръ отдаетъ самъ избытокъ своей теплоты окружающей атмосферѣ. Если мы нагрѣемъ одинъ конецъ желѣзнаго стержня (что представляетъ собой „вынужденный“ процессъ) и затѣмъ предоставимъ его самому себѣ, то теплота станетъ передаваться отъ горячаго конца къ холодному: первый постепенно остываетъ, второй нагрѣвается; такимъ образомъ происходитъ выравниваніе температуръ.

Обобщая нашу мысль и примѣняя ее къ выравниванію высотъ, напряженій, температуръ и т. д., мы убѣдимся, что въ концѣ концовъ вынужденные процессы также подчиняются этому закону. Если, напримѣръ, при изверженіи вулкана массы дѣйствительно выбрасываются вверхъ, вопреки стремленію къ выравниванію, то въ глубинѣ земли происходитъ выравниваніе напряженія, значеніе котораго, быть можетъ, еще болѣе велико. А при нагрѣваніи металлическаго стержня? Оно производится, напримѣръ, газовымъ пламенемъ, которое даетъ возможность сгорать свѣтильному газу, находящемуся въ состояніи напряженія. Такимъ образомъ мы видимъ, что тенденція къ выравниванію, посредственно или непосредственно, проявляется вездѣ съ неумолимой силой. Если выравниваніе, возможное при данныхъ условіяхъ, уже достигнуто, то не происходитъ вообще ничего—господствуетъ равновѣсіе; если нѣтъ, то что-нибудь происходитъ, и тенденція этого процесса состоитъ въ прогрессирующемъ выравниваніи.

Эти отношенія станутъ намъ еще яснѣй, если мы вос-

пользуемся введенной недавно очень подходящей номенклатурой. Процессъ, который непрерывно совершается въ одинаковой формѣ, мы называемъ „консервативнымъ“, а процессъ, который постепенно ослабѣваетъ и ведетъ къ конечному состоянію, къ равновѣсію, мы называемъ „финитивнымъ“. Тенденція выравниванія, о которой мы говорили, такимъ образомъ сводится къ тому, что строго консервативныхъ процессовъ вообще не существуетъ, что вращеніе земли вокругъ оси или ея обращеніе вокругъ солнца въ концѣ концовъ, только спустя гораздо больше времени, должно прекратиться такъ же, какъ и колебаніе маятника, звукъ камертона или бѣненіе сердца.

Быть можетъ, намъ скажутъ: мы уже это знаемъ, *perpetuum mobile* не существуетъ. Но здѣсь мы имѣемъ въ виду нѣчто болѣе широкое, не то, что человѣкъ погибаетъ при слишкомъ долгомъ лишеніи пищи, но то, что даже при нормальномъ питаніи его жизни положенъ предѣлъ. Изъ принципа сохраненія слѣдуетъ лишь, что *perpetuum mobile* не можетъ существовать безъ питанія; теперь же рѣчь идетъ о томъ, что даже при самомъ тщательномъ питаніи машина не можетъ существовать вѣчно, а это уже вовсе не представляетъ собой слѣдствія принципа сохраненія. Лампочка накаливанія и паровая машина, растеніе и животное, все имѣетъ свой предѣлъ существованія; неужели только міръ въ своемъ цѣломъ не имѣетъ конца?

И какъ сознаніе невозможности *perpetuum mobile* въ прежнемъ смыслѣ привело къ принципу сохраненія, такъ сознаніе, что *perpetuum mobile* невозможно и въ новомъ смыслѣ, должно навести на второй основной принципъ — принципъ измѣненія или выравниванія.

X.

Такой важный и обширный вопросъ, какъ вопросъ о характерѣ всего происходящаго въ природѣ, заслуживаетъ всесторонняго освѣщенія; и потому мы разберемъ теперь другое представленіе, а затѣмъ, наконецъ, и третье. При этомъ мы опять возьмемъ простой примѣръ. Представимъ себѣ большую ванну съ холодной водой и маленькій стаканъ

съ горячей, и выльемъ воду изъ стакана въ ванну; результатъ будетъ тотъ, что холодная вода въ ваннѣ станетъ немного теплѣй; если первоначальныя температуры были 5° въ ваннѣ и 95° въ стаканѣ, то теперь температура будетъ, можетъ быть, 6° . Согласно принципу сохраненія, при этомъ процессѣ смѣшенія общее количество тепловой энергіи осталось неизмѣннымъ: теперь въ ваннѣ столько же эрговъ, сколько ихъ было раньше въ ваннѣ и стаканѣ вмѣстѣ. Но тогда какъ раньше энергія была сконцентрирована въ стаканѣ, теперь она разсѣяна въ большемъ пространствѣ ванны. Такимъ образомъ, описанный процессъ можно охарактеризовать, какъ разсѣяніе энергіи. Подобное разсѣяніе энергіи встрѣчается въ природѣ вездѣ, въ видѣ разсѣянія движенія, теплоты, свѣта, электричества или магнетизма. Разсѣяніе энергіи движенія вызывается, главнымъ образомъ, треніемъ; благодаря ему, движущееся тѣло приводитъ въ движеніе также окружающее, даже если это нежелательно. Корабль влечетъ съ собою порядочное количество воды, воздушный шаръ увлекаетъ воздухъ, конечно, въ ущербъ собственному движенію; это—разсѣяніе энергіи. Когда мы желаемъ что-нибудь нагрѣть, мы волей или неволей нагрѣваемъ также значительную часть окружающей среды: опять разсѣяніе энергіи. Когда мы для полученія электрическаго тока намагничиваемъ желѣзный якорь динамо-машины, мы не можемъ помѣшать тому, чтобы часть магнитной энергіи (правда, по мѣрѣ развитія техники все въ меньшей степени) терялась въ воздухѣ: здѣсь опять-таки происходитъ разсѣяніе энергіи.

Попробуемъ выразить этотъ удивительный процессъ нѣсколько точнѣй, и это приведетъ насъ къ третьей формѣ того же вопроса, о которой мы упомянули въ началѣ параграфа. Что происходитъ съ энергіей, когда она разсѣивается? Количество ея не мѣняется,—это не подлежитъ сомнѣнію; но такъ же несомнѣнно—какое-то измѣненіе въ ней произошло. Что здѣсь нѣтъ противорѣчія, показываетъ примѣръ числа 12, остающагося 12 безразлично, составляется ли оно изъ 1×12 или 2×6 или 3×4 ; въ этомъ смыслѣ, какъ извѣстно, называютъ число 12 произведеніемъ, а 2 и 6 или

3 и 4 его множителями. Въ этомъ примѣрѣ оба множителя одного и того же характера (хотя и различной величины): оба представляютъ собой простыя числа; но можетъ быть и совершенно иначе, если числа получаютъ наименованіе. Возьмемъ для примѣра книгоиздательскій расчетъ. Пусть изданіе какой-нибудь книги стоитъ 3000 рублей, при чемъ, какъ извѣстно, сравнительно мало важно, въ сколькихъ экземплярахъ она печатается, такъ какъ значительно большая часть расходовъ падаетъ на гонораръ, наборъ, общіе расходы и т. д. Расходы изданія могутъ быть покрыты очень различнымъ образомъ, напримѣръ, продажей 100 экземпляровъ книги по 30 рублей, или 300 по 10, или 1000 по 3 рубля; однимъ множителемъ здѣсь является цѣна книги, другимъ число покупателей. Книги, которыя могутъ рассчитывать на широкій сбытъ, можно продавать дешево, другія—дорого. Такимъ образомъ, оба множителя носятъ въ этомъ случаѣ совершенно различный характеръ: одинъ относится къ числу экземпляровъ, другой—къ цѣнѣ одного экземпляра; при 1000 экземплярахъ по 3 рубля расходы покрываются экстенсивностью продажи, при 100 экземплярахъ по 30 рублей—интенсивностью цѣны.

То же самое мы видимъ въ опытѣ съ водой: въ стаканѣ находится мало воды, но она горяча; въ ваннѣ много воды, но она холодна; въ стаканѣ энергія содержится въ „интенсивномъ“ видѣ, въ ваннѣ—въ „экстенсивномъ“.

Это наводитъ на мысль разсматривать энергію вообще, какъ произведеніе двухъ факторовъ, и называть одинъ изъ нихъ „факторомъ экстенсивности“, другой—„факторомъ интенсивности“; между тѣмъ и другимъ существуетъ, такимъ образомъ, рѣзкое различіе—различіе такого же рода, какое въ умственной области указывается въ поговоркѣ: „multum, non multa“, совѣтующей учащемуся или читающему обращать больше вниманія на интенсивность, чѣмъ на экстенсивность.

Правда, не всегда легко раздѣлить оба фактора энергіи, большей частью именно потому, что она точно такъ же, какъ число 12, можетъ быть разложена различнымъ образомъ, и неизвѣстно, какому разложенію слѣдуетъ отдать

предпочтеніе ²¹⁾. Здѣсь не мѣсто долго останавливаться на этихъ затрудненіяхъ. Но какъ простой примѣръ, приведемъ еще энергію электрическаго тока; факторомъ экстенсивности ея является количество тока (измѣряемое практически въ „амперъ-часахъ“), факторомъ интенсивности—напряженіе (измѣряемое въ „вольтахъ“); на примѣръ, если желаютъ провести электрическую энергію на разстояніе, то въ принципѣ безразлично, пользоваться ли сильнымъ (по количеству) токомъ низкаго напряженія или слабымъ токомъ съ высокимъ напряженіемъ; изъ экономическихъ соображеній предпочтеніе, какъ извѣстно, отдають послѣднему.

При помощи этихъ понятій тенденцію всѣхъ совершающихся въ природѣ процессовъ можно охарактеризовать такъ: экстенсивность энергіи возрастаетъ, интенсивность ея уменьшается. Въ самопроизвольныхъ процессахъ это ясно безъ дальнѣйшихъ поясненій; въ вынужденныхъ процессахъ мы придемъ къ тому же заключенію, если примемъ во вниманіе, что здѣсь участвуетъ посторонняя энергія, которая также должна быть включена въ расчетъ. Разсѣянiе энергіи совершается само собою, накопленіе же ея вынуждено, и потому должно быть оплачено, а произвести его и оплатить можно лишь разсѣянiемъ посторонней энергіи, привлеченной къ содѣйствію. Такъ, какую-нибудь вазу я могу разбить самъ и даромъ, но для починки ея требуется ловкій и опытный мастеръ и за его трудъ нужно заплатить.

Но можно ли вернуть вообще все, что совершается въ природѣ, къ первоначальному состоянію? Для того чтобы отвѣтить на этотъ вопросъ отрицательно, намъ незначѣмъ даже прибѣгать къ явленіямъ высшаго порядка, какъ на примѣръ, къ жизненному процессу, а можно удовольствоваться гораздо болѣе простыми. Вспомнимъ хотя бы нашъ примѣръ съ тепловатою водою въ ваннѣ: никто не въ состоянiи извлечь изъ нея обратно ту горячую воду, которая была раньше въ стаканѣ. Въ виду этого различаютъ процессы „необратимые“ и „обратимые“. Между послѣдними многіе, въ свою очередь, вполне обратимы лишь въ теоріи, въ дѣйствительности же ихъ обращеніе встрѣчаетъ большія затрудненія. Разсыпать по землѣ мѣшокъ гороха очень лег-

ко, но снова собрать его чрезвычайно трудно, и можно держать пари, что при этомъ изъ тысячъ штукъ горошинъ нѣсколько запавшихъ въ расщелины почвы потеряются. Разсматривая дѣйствительныя явленія природы и техники, мы также убѣдимся, что многіе процессы можно, правда, обратить, но получить при этомъ полное обращеніе невозможно. Всякій поршень машины непрерывно обращаетъ свое движеніе, подымаясь вверхъ и опускаясь, или двигаясь взадъ и впередъ. Но нѣкоторыя, связанныя съ движеніемъ поршня, побочныя явленія не обращаются; такъ, напримѣръ, изнашивание матеріала при движеніи поршня взадъ и впередъ не уравнивается, а напротивъ, суммируется, т. е. частички, стертые при движеніи поршня впередъ, не нарастаютъ вновь при его обратномъ ходѣ, а, наоборотъ, стираются еще новыя. Благодаря всѣмъ этимъ явленіямъ: изнашиванію, нагрѣванію, теплопроводности и т. д., даже этотъ простой процессъ оказывается не вполне обратимымъ.

Такимъ образомъ, мы вездѣ встрѣчаемъ процессы или совершенно необратимые или не вполне обратимые. Что разъ совершилось, то прошло и разбѣянной при этомъ энергіи нельзя собрать вовсе или же можно собрать лишь часть ея. Точно какая-то высшая власть взимаетъ подать съ каждаго процесса, совершающагося въ природѣ; когда же дѣлается попытка обойти эту подать при помощи вынужденныхъ обратныхъ процессовъ, то тотчасъ же слѣдуетъ штрафъ за уклоненіе.

До сихъ поръ мы постоянно говорили только отдѣльно о процессахъ движенія, отдѣльно о тепловыхъ явленіяхъ и т. д. Еще интереснѣе тѣ процессы, въ которыхъ энергія мѣняетъ свое качество, напримѣръ, тепло преобразуется въ движеніе; къ такимъ процессамъ (къ нимъ принадлежатъ, между прочимъ, и процессы, происходящіе въ паровой машинѣ) мы и перейдемъ теперь.

Паровая машина имѣетъ назначеніе превращать тепловое напряженіе водяного пара въ движеніе, т. е. въ работу. Это превращеніе совершается согласно принципу сохраненія энергіи,—энергія при этомъ не теряется и не выигрывается. Но если кто-нибудь пойметъ это такъ, что машина

производить количество работы, эквивалентное количеству теплоты, то есть 428 килограмметровъ на каждую калорію, то факты сильно разочаруютъ его. Машина даетъ работы гораздо меньше, и возникаетъ вопросъ: куда же дѣвается остальная энергія? Мы уже достаточно подготовлены къ отвѣту на этотъ вопросъ: остальная энергія разсѣялась. Часть ея перешла въ матеріалъ машины, нагрѣла его, износила и т. д., опять та же исторія съ необратимостью побочныхъ явленій. Но даже если оставить это въ сторонѣ и разсматривать дѣйствіе машины, какъ процессъ обратимый, то все же еще получается остатокъ и притомъ очень значительный, который не превращается въ работу, но теряется въ видѣ незначительнаго нагрѣванія конденсатора или холодильника, или—тамъ, гдѣ послѣдняго нѣтъ,—уходитъ на нагрѣваніе воздуха, играющаго тогда роль холодильника. Можно строго доказать, что ни одна тепловая машина не можетъ работать безъ холодильника, съ однимъ только котломъ. Часть энергіи котла превращается въ работу, другая же часть уходитъ въ видѣ малоинтенсивнаго нагрѣванія холодильника. Это та подать, о которой была рѣчь; и изъ государства, въ которомъ бы она взималась въ видѣ подоходнаго налога, вѣроятно, въ короткое время выселилась бы большая часть гражданъ: въ лучшемъ случаѣ она не меньше семидесяти процентовъ. Ту часть сообщаемой машинѣ энергіи, которую она превращаетъ въ работу, называютъ ея полезнымъ дѣйствіемъ, остальную можно назвать степенью разсѣянія. Податей никто не платитъ особенно охотно, и потому уже давно стали пытаться замѣнить паровую силу какой-нибудь другой съ болѣе благопріятнымъ полезнымъ дѣйствіемъ—отчасти успѣшно, а отчасти еще безуспѣшно. Но что для насъ и въ принципѣ главное, это то, что полезное дѣйствіе никогда не можетъ достигнуть полныхъ ста процентовъ. Разсѣяніе энергіи и здѣсь неизбежно ²²⁾.

Въ заключеніе, чтобы не оставить совсѣмъ въ сторонѣ исторію вопроса, назовемъ опять три имени. Первый, кто научно формулировалъ установленную здѣсь тенденцію всѣхъ процессовъ природы, былъ великій, разносторонній французскій ученый Сади Карно (Sadi Carnot); онъ сдѣлалъ это

уже въ 1824 году, значить, въ то время, когда весь міръ, не исключая и его самого, считалъ еще теплоту веществомъ, такъ что можно почти сказать, что этотъ принципъ старше принципа сохраненія энергіи. Однако, именно поэтому форма, въ которой выразилъ свою идею Карно, была принципиально ошибочна: онъ сравнивалъ теплоту съ водой и полагалъ, что и та и другая могутъ производить работу лишь при переходѣ съ высшаго уровня на низшій, съ болѣе высокой температуры на болѣе низкую, и это вѣрно; но далѣе онъ утверждалъ, что та и другая—обѣ производятъ при этомъ работу, не уменьшаясь въ своемъ количествѣ.—Это положеніе вѣрно для воды, но невѣрно для теплоты. Дѣло въ томъ, что теплоту нужно сравнивать не съ водой, а съ энергіей воды, а эта энергія такъ же, какъ и теплота, производя работу, уменьшается. Заслуга исправленія принципа Карно въ этомъ смыслѣ принадлежитъ (почти одновременно, 1850—1860) Клаузіусу (Clausius) въ Германіи и В. Томсону (W. Thomson, нынѣ Лордъ Кельвинъ) въ Англіи.

XI.

Теперь мы имѣемъ представленіе о тенденціи всего совершающагося, о принципѣ, согласно которому все протекаетъ, и намъ остается только установить носителя этого принципа, ввести понятіе, которое охватывало бы всѣ совершающіяся въ природѣ измѣненія, подобно тому, какъ все, что сохраняется, что остается неизмѣннымъ, охватывается понятіемъ „энергіи“. Название для этого понятія, вначалѣ, впрочемъ, взятаго болѣе узко, создалъ нѣмецкій ученый, заслуги котораго въ этой области вообще больше, чѣмъ кого-либо другого, Р. Клаузіусъ; и понятіе и названіе выбраны, какъ слѣдуетъ объективно сознаться, въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ очень удачно, въ другихъ столь же неудачно.

Степень разсѣянія энергіи, ея коэффициентъ экстенсивности мы называемъ, расширяя первоначально введенное Клаузіусомъ понятіе, энтропией. Мы приходимъ тогда къ слѣдующему положенію всеобъемлющаго значенія: энтро-

пія въ общемъ непрерывно возрастаетъ, или: энтропія стремится къ максимуму ²³⁾.

Терминъ энтропія означаетъ собственно „обращеніе внутрь“, и мы имѣемъ полное основаніе задать вопросъ, какимъ образомъ это вяжется со значеніемъ энтропіи, какъ мѣры разсѣянія энергіи. Для этого мы должны сдѣлать нѣкоторое отступленіе.

Не всѣ рудники между собою одинаковы; есть годные къ разработкѣ и есть негодные,—негодные не потому, чтобы они сами по себѣ ничего не стоили, а потому, что доступъ въ нихъ труденъ или вовсе невозможенъ. То же самое и съ энергіей. Два количества энергіи могутъ быть равны между собою по числу эрговъ, и все же одна можетъ оказаться „пригодной для разработки“—и потому цѣнной, другая „негодной“—и потому лишенной всякой цѣны. При помощи горшка кипящей воды мы можемъ привести въ дѣйствіе маленькую, хотя бы только игрушечную, паровую машину; изъ большой ванны воды, имѣющей температуру окружающей среды, мы не можемъ извлечь никакой работы. Въ Атлантическомъ океанѣ содержится такое невѣроятно огромное количество энергіи въ видѣ теплоты, что съ ея помощью въ теоріи, т. е. согласно принципу сохраненія энергіи, мы могли бы приводить въ движеніе пароходы всего міра и дѣлать еще многое другое; но на самомъ дѣлѣ съ этой энергіей сдѣлать нельзя ничего, такъ какъ она разсѣяна, выравнена: къ „котлу“—океану недостаетъ холодильника. При дѣйствіи паровой машины часть сообщаемой ей теплоты высокаго напряженія (температуры) используется въ видѣ работы, но остатокъ „обезцѣнивается“ въ видѣ теплоты низкаго напряженія. Поэтому вмѣсто разсѣянія энергіи мы можемъ также говорить: „обезцѣниваніе энергіи“. Это обезцѣниваніе и имѣется въ виду выраженіемъ „обращеніе внутрь“, и въ этомъ смыслѣ терминъ „энтропія“ выбранъ очень удачно. Неудаченъ же онъ въ томъ отношеніи, что присущее энтропіи свойство возрастать можетъ легко вызвать ошибочныя представленія или затруднить вѣрное представленіе. Было бы лучше дать обозначеніе не коэффициенту экстенсивности, а коэффициенту интенсивности энергіи, для чего

могъ бы служить подходящий терминъ „эктропія“ (обращеніе во-внѣ). Нашъ принципъ гласилъ бы тогда: эктропія міра стремится къ минимуму. Неблагопріятная тенденція мірового процесса была бы тогда выражена ясно и положительно ²⁴⁾.

Все ученіе объ энергіи, о ея сохраненіи съ одной стороны и ея обезцѣниваніи съ другой легко можетъ заслужить упрекъ въ пустословіи; вѣдь, энергія можетъ либо сохраняться либо обезцѣниваться. Одинъ эргъ энергіи движенія и одинъ эргъ теплоты либо равны другъ другу—и тогда цѣнность ихъ также одинакова, либо же они имѣютъ разную цѣнность—и тогда они неравны, но эргъ всегда остается эргою. Это, пожалуй, напоминаетъ шуточный вопросъ, часто предлагаемый дѣтямъ: что тяжелѣе—фунтъ свинца или фунтъ пуха? Но изъ сказаннаго выше вытекаетъ, что противорѣчіе здѣсь лишь кажущееся, что одинаковыя величины и ихъ различная цѣнность вполне совмѣстимы. Мы можемъ привести для этого еще два простыхъ сравненія.

Одно изъ нихъ связано съ представленіемъ, которымъ мы уже пользовались раньше, а именно, что природа застрахована отъ потери энергіи вообще, такъ какъ потеря энергіи одного рода всегда возмѣщается полученіемъ энергіи другого рода, напримѣръ, потерянная работа—теплотой; камень падаетъ на землю, его живая сила исчезаетъ, но земля нагрѣвается, и эта теплота является полнымъ по количеству возмѣщеніемъ живой силы камня, полнымъ, но не равноцѣннымъ, такъ какъ при ея помощи нельзя возвратитъ камню его живой силы. Это совершенно аналогично тому, какъ еслибы у меня сгорѣли цѣнныя рукописи, за которыя страховое общество заплатило бы по оцѣнкѣ экспертовъ; сдѣлать больше оно не въ состояніи, но мнѣ это поможетъ мало, такъ какъ рукописей деньгами не возстановишь—онѣ пропали безвозвратно. Точно такъ же и въ природѣ, несмотря на эквивалентное возмѣщеніе, полезная энергія непрерывно теряется: эктропія все падаетъ, энтропія постоянно возрастаетъ.

Другой процессъ, совершающійся постоянно и вездѣ, въ которомъ сохраненіе идетъ рука объ руку съ измѣнені-

емъ цѣнности, это торговое дѣло; и все же каждая изъ участвующихъ сторонъ получаетъ свою прибыль (иначе ни одна изъ нихъ не совершала бы торговой сдѣлки). Сумма субъективныхъ цѣнностей возрастаетъ. Природа также непрерывно производитъ мѣновыя сдѣлки; но, къ несчастію, она всегда при этомъ страдаетъ, получая каждый разъ въ обмѣнъ меньшую цѣнность и такимъ образомъ постоянно бѣднѣетъ.

XII.

Мы приходимъ къ концу; оглянемся же еще разъ на пройденное и заглянемъ въ будущее.

Энергія количественно неизмѣнна, но состоянія и качества ея непрерывно мѣняются, и въ этихъ измѣненіяхъ выступаетъ одно преобладающее стремленіе: стремленіе къ обезцѣниванію. Обезцѣниваніе совершается уже въ предѣлахъ одной и той же формы энергіи: теплота низкаго напряженія имѣетъ меньшую цѣнность, чѣмъ такое же число эрговъ высокаго напряженія, такъ какъ послѣднее можетъ само собой превращаться въ первое; обращеніе же этого процесса требуетъ извѣстныхъ затратъ, а иногда и вовсе невозможно. Но особенно неодинаковы по своей цѣнности различныя формы энергіи — механическая и химическая, электрическая и тепловая; между ними существуетъ какъ бы извѣстная табель о рангахъ. Установленіе послѣдовательности въ этой табели для каждаго отдѣльнаго случая встрѣчаетъ различныя затрудненія, и сказать сразу, какое именно мѣсто въ этой табели принадлежитъ механической и химической, электрической и магнитной энергіи, вообще невозможно; для этого пришлось бы углубиться въ детали, разобрать каждую изъ нихъ. Но одно можно утверждать: на нижнемъ концѣ этого ряда стоитъ теплота; тепловая энергія наименѣе поддается обращенію²⁵⁾. Теплота низкаго напряженія является непріятнымъ побочнымъ продуктомъ всѣхъ процессовъ природы, а негодность побочныхъ продуктовъ погубила уже не одну отрасль промышленности. Какъ же въ этомъ отношеніи, должны мы спросить, обстоитъ дѣло

съ той „промышленностью“, которая всѣхъ насъ наиболѣе интересуеть, съ движеніемъ и жизнью вселенной?

Энергія остается постоянной, энтропія растетъ. Солнце свѣтитъ, но тѣни становятся все длиннѣе. Всюду разсѣяніе, выравниваніе, обезцѣниваніе. Уголь сгораетъ въ золу, изъ которой никогда не создается вновь уголь; горы обваливаются и не вырастаютъ снова; источники теплоты излучаютъ ее и не могутъ вернуть потерянной теплоты обратно. Не долженъ ли наступить моментъ, когда все будетъ энтропией, а энтропія исчезнетъ? Вѣдь мы не можемъ себя обманывать: тѣ вынужденные процессы, которые вызываетъ природа или человѣкъ, въ которыхъ, какъ въ исключительныхъ случаяхъ, энергія концентрируется, дифференцируется, повышается, подобны лишь каплѣ воды, падающей на горячій камень; въ лучшемъ случаѣ они могутъ лишь немного замедлить общій процессъ, но не остановить его. Состояніе же, которое тогда наступитъ, будетъ не что иное, какъ прекращеніе вообще всего, что зовется жизнью, явленіемъ. Такое состояніе человѣчества можно было бы сравнить съ мученіями Тантала: вездѣ энергія, но вездѣ неуловимая.

Къ счастью, существуютъ соображенія, которыя лишаютъ эту перспективу ея безотрадности, и одно изъ важнѣйшихъ между ними состоитъ въ слѣдующемъ. Процессы выравниванія могутъ происходить лишь тамъ, гдѣ имѣются различія, и чѣмъ различіе больше, тѣмъ интенсивнѣе они происходятъ; чѣмъ различіе меньше, тѣмъ слабѣе это выравниваніе. Но самъ же процессъ выравниванія и сглаживаетъ непрерывно различіе. Такимъ образомъ мы видимъ, что тотъ міровой процессъ, тенденція котораго открываетъ столь печальныя перспективы, постепенно долженъ замедляться ²⁶⁾, что онъ во всякомъ случаѣ теперь протекаетъ уже гораздо спокойнѣе, чѣмъ въ бурный періодъ природы, въ періодъ ея юности; темпъ этого процесса будетъ все болѣе замедляться, и предѣлъ его лежитъ въ безконечной отдаленности. И безконечное время мы можемъ еще пользоваться благословеніями царицы міра, не смущаясь ея постоянно удлиняющейся тѣнью ²⁷⁾.

<http://www.miroslav.ru>

Примѣчанія

1) Единственная дѣйствительно полная система есть вселенная; всѣ ограниченныя системы лишь приблизительно полны. Что шкафъ, какъ бы хорошо онъ ни былъ сработанъ и запертъ, пропускаетъ пыль, извѣстно каждому; но даже и запаянные стеклянные сосуды и т. п. пропускаютъ въ себя вещество, хотя это обнаруживается, быть можетъ, только по истеченіи многихъ лѣтъ. Точно также и наша земля не представляетъ собой матеріально полной системы: съ одной стороны, на нее падаютъ метеориты, безпрестанно увеличивающіе ея массу; съ другой, врядъ ли можно сомнѣваться, что изъ атмосферы непрерывно улетаютъ въ пространство малыя частички, такъ что міровое пространство, такъ сказать, полно пыли.

2) Говоря принципиально, масса и вѣсъ представляютъ собой совершенно различныя понятія. Масса есть сопротивленіе тѣла движенію, т. е. то, чѣмъ, напримѣръ, отличаются другъ отъ друга различныя шары на кегельбанѣ съ точки зрѣнія моихъ ощущеній, съ точки зрѣнія требуемаго отъ моихъ мускуловъ усилія. Наоборотъ, вѣсъ тѣла есть его давленіе на чашку вѣсовъ, т. е. сила; сила же измѣряется вообще произведеніемъ массы на ускореніе совершающагося подъ ея дѣйствіемъ движенія, т. е. въ нашемъ случаѣ произведеніемъ массы на ускореніе, съ которымъ тѣло падало бы, еслибы оно не поддерживалось чашкой вѣсовъ. Формулой это отношеніе можно выразить слѣдующимъ образомъ:

$$G=mg;$$

здѣсь m обозначаетъ массу, g —ускореніе паденія, G —вѣсъ. Тогда какъ масса представляетъ собой существенное свойство тѣла, вѣсъ его есть величина переменная и въ различныхъ мѣстахъ онъ различенъ, такъ какъ величина g измѣняется; въ среднемъ на земномъ шарѣ g равно приблизительно 981 сантиметру въ секунду, на полюсахъ и внутри земли—нѣсколько больше, на экваторѣ и на го

рахъ—нѣсколько меньше. Такимъ образомъ можно сказать, что вѣсъ тѣла представляетъ собой 981-кратное его массы. Къ сожалѣнію, это простое соотношеніе часто затемняется, благодаря тому обстоятельству, что общепринятая единица массы (масса одного кубическаго сантиметра воды температуры 4° С.) и единица вѣса, т. е. вѣсъ, который эта единица массы имѣетъ на широтѣ 45° и на уровнѣ моря, носитъ одно и то же названіе грамма (g); поэтому, по крайней мѣрѣ, въ сомнительныхъ случаяхъ слѣдуетъ упоминать, подразумѣвается ли граммъ-масса или граммъ-вѣсъ.

Для практики эта двусмысленность очень удобна, такъ какъ, если тѣло имѣетъ, напримѣръ, массу 100 граммъ-массы, то вѣсъ его равенъ 100 граммъ-вѣса; такимъ образомъ въ практикѣ, если не приходится значительно удаляться отъ одного и того же мѣста, можно безразлично употреблять массу и вѣсъ.

3) Такого рода изслѣдованія были предприняты въ 1893 г. Ландольтомъ (Landolt) и продолжались въ 1901 г. Гейдвейлеромъ (Heydweiller). При большей части химическихъ реакцій не было обнаружено никакихъ измѣненій въ вѣсѣ, въ нѣсколькихъ случаяхъ измѣненія (потери вѣса) наблюдались, но настолько ничтожныя, что оставались близкими къ предѣламъ возможныхъ ошибокъ опыта. Въ данномъ случаѣ дѣло касается не массы, а отношенія къ силѣ тяготѣнія (ср. примѣчаніе 2), и можно было бы себѣ представить, что на послѣднюю оказываютъ вліяніе какія-нибудь другія участвующие въ реакціи силы; какого рода эти силы, пока еще совершенно неизвѣстно; изъ полученныхъ до сихъ поръ результатовъ слѣдуетъ заключить, что это во всякомъ случаѣ не магнитныя силы.

4) Толчкомъ для этихъ изслѣдованій послужило сдѣланное въ 1893 г. лордомъ Рэлеемъ (Rayleigh) наблюденіе, что азотъ, выдѣленный изъ атмосфернаго воздуха, всегда нѣсколько тяжелѣй, чѣмъ азотъ, приготовленный изъ химическихъ соединений; такъ какъ всѣ инныя объясненія этого явленія оказались несостоятельными, то нужно было заключить, что въ атмосферномъ азотѣ содержится какое-то еще неизвѣстное вещество; для того, чтобы, несмотря на ничтожное количество, можно было замѣтить его, природа его должна была существенно отличаться отъ природы азота. И въ самомъ дѣлѣ, двумя различными способами удалось выдѣлить этотъ газъ; онъ оказался чрезвычайно мало способнымъ къ соединеніямъ (почему и оставался такъ долго незамѣченнымъ) и въ виду этого получилъ на-

ваніе аргона (a-ergon—недѣйствующій). Вскорѣ затѣмъ были найдены еще криптонъ, неонъ и ксенонъ, а также метаргонъ, элементарный характеръ котораго, впрочемъ, еще въ высшей степени сомнителенъ. Наконецъ, относительно гелія, который еще раньше былъ обнаруженъ спектральнымъ анализомъ на солнцѣ, а позже найденъ также въ земныхъ минералахъ, до послѣдняго времени было сомнительно, существуетъ ли онъ въ атмосферѣ. На самомъ дѣлѣ гелій оказался въ ней, но въ крайне ничтожныхъ количествахъ; очень возможно, что прежде его содержалось въ атмосферѣ гораздо больше, но что, благодаря своей большой легкости, онъ разсѣялся въ мировое пространство.

⁵⁾ Многие читатели удивятся, что вмѣстѣ съ физикой и химіей здѣсь въ качествѣ третьей науки не упомянута—пожалуй, даже на первомъ мѣстѣ—геометрія. Но дѣло въ томъ, что чистая геометрія, т. е. наука о пространственныхъ формахъ, въ естествознаніи играетъ роль только вспомогательной науки такъ же, какъ алгебра; что же касается геометріи времени, или „кинематики“, т. е. формальнаго ученія о движеніи, то и она становится отраслью естествознанія лишь тогда, когда получаетъ содержаніе, пополняясь понятіями массы и силы, т. е. когда она превращается въ „динамику“; послѣдняя же представляетъ собой отдѣлъ физики.

Говоря здѣсь о „формѣ“ и „содержаніи“, мы не желаемъ возбуждать принципиальнаго вопроса о томъ, насколько въ концѣ концовъ математика носитъ формальный характеръ, а естествознаніе—конкретный. Именно объ этомъ въ послѣднее время идетъ сильный споръ, затрагивающій, съ одной стороны, основныя понятія ариѐтики, съ другой—сущность всякаго естественно-научнаго познанія; впрочемъ, этотъ споръ окончится, вѣроятно, безрезультатно, такъ какъ нельзя разгадать сущности познанія при помощи средствъ самого же познанія; выражаясь образно, нельзя вытащить самого себя изъ трясины за волосы.

⁶⁾ Этотъ дуализмъ проходитъ черезъ всю точную физику отъ начала до конца; укажемъ здѣсь лишь на начало. Всѣ физическія понятія могутъ быть сведены къ тремъ основнымъ понятіямъ, и всѣ согласны между собой въ томъ, что одно изъ нихъ—это понятіе пространства, а именно—длина L , другое—понятіе времени, т. е. время T ; но въ качествѣ третьяго можно принципиально съ одинаковымъ правомъ пользоваться или массой M или силой K , напри-

мѣръ, вѣсомъ G . Въ первомъ случаѣ мы имѣемъ основную систему: длина, время, масса ($L-T-M$), во второмъ—систему: длина, время, вѣсъ ($L-T-G$); первая принята наукой, вторая, большей частью, практикой. Этотъ дуализмъ можно представить, какъ противоположность между „пассивнымъ“ и „активнымъ“ принципомъ; онъ виденъ, напримѣръ, наглядно въ слѣдующемъ случаѣ: планету Юпитера можно характеризовать или тѣмъ, какъ она обращается вокругъ солнца, или тѣмъ, какъ ея спутники обращаются вокругъ нея. Тотъ же дуализмъ, въ самыхъ различныхъ формахъ, проходитъ черезъ всю природу и завершается знаменитымъ дуализмомъ: тѣло и душа.

7) Чѣмъ дальше развиваются естественныя науки, тѣмъ больший интересъ привлекають къ себѣ именно ихъ пограничныя области; такъ, въ послѣднее время сильно разрослась наука, называемая физической химіей, для которой вопросъ о веществѣ и вопросъ о силѣ имѣють одинаковое значеніе; одни изъ ея представителей—физики, другіе—химики; но какъ разъ наиболѣе выдающимся изъ нихъ, напримѣръ, Нернсту (Nernst) или Аррениусу (Arrhenius), было бы, вѣроятно, очень трудно точно отвѣтить на вопросъ: физики они или химики.

8) Различіе между оцѣнкой работы по времени и по сдѣланному пути приводитъ къ различнымъ принципиальнымъ затрудненіямъ; одинъ особенно простой примѣръ этого мы видимъ въ слѣдующемъ. Когда мы держимъ въ протянутой рукѣ гирию, мы, въ непосредственномъ смыслѣ слова, несомнѣнно производимъ нѣкоторую работу, которая очень ясно даетъ себя чувствовать въ мускульномъ ощущеніи, и при томъ чѣмъ дальше, тѣмъ сильнѣе; тѣмъ не менѣе въ научномъ смыслѣ производимая при этомъ работа равна нулю, такъ какъ одинъ изъ двухъ факторовъ, произведеніе которыхъ представляетъ собой работу, а именно высота поднятія, равенъ нулю. Чтобы разрѣшить это противорѣчіе, нужно принять во вниманіе, что гирия, еслибы ее не поддерживать, упала бы, благодаря своей тяжести, на землю, и что ей такимъ образомъ мѣшаютъ падать на извѣстное разстояніе; здѣсь слѣдовало бы расширить понятіе работы и опредѣлить ее, какъ произведеніе массы на разстояніе, на которое масса поднимается или на какое ей мѣшаютъ падать. И это представленіе не есть чисто отвлеченное; дѣйствительно, мы, какъ извѣстно, держимъ гирию не вполнѣ неподвижно, а постоянно то немного опускаемъ ее внизъ, то опять поднимаемъ; вначалѣ эти коле-

банія ничтожны, но по истеченіи нѣкотораго времени они становятся все больше по мѣрѣ того, какъ усиливается утомленіе и требуемое для поддержанія гири мускульное напряженіе.

9) Въ первый разъ, именно въ 1807 году, слово энергія было введено въ науку физикомъ Т. Юнгомъ (Th. Young), но лишь въ 1853 году Ранкинъ (Rankine) далъ этому понятію его настоящій смыслъ и широкое опредѣленіе, которое, впрочемъ, съ формальной стороны было еще не вполне точно, и потому можетъ быть здѣсь опущено.

10) Точнѣе: наука о переносѣ и превращеніяхъ энергіи. Переносъ же вещества, составляющій четвертую группу явленій, относится не къ химіи, а къ физикѣ, и уже это обстоятельство показываетъ, что аналогія, къ невыгодѣ химіи, не совсѣмъ полна (ср. дальше).

11) Выражаясь еще конкретнѣй, можно прибавить: похищеніе чего наказывается. Для электрической работы такое наказаніе опредѣляется изданнымъ недавно спеціальнымъ „электрическимъ“ закономъ, который явился очень кстати для кодификаціи отдѣльныхъ обстоятельствъ, но былъ совершенно ненуженъ для сущности самого вопроса; въ самомъ дѣлѣ, если кто-нибудь беретъ бесплатно то, за что честный человѣкъ (напримѣръ, абонентъ электрической станціи) платитъ деньги, то, очевидно, онъ совершаетъ кражу. Извѣстное, возбудившее много толковъ, противоположное рѣшеніе суда было лишь результатомъ плохого взаимнаго пониманія юристовъ и физиковъ; первые не могли справиться съ „электричествомъ“, вторые же, въ свою очередь, невѣрно поняли выраженіе „вещь“ (не встрѣчающееся въ физикѣ), полагая, что она означаетъ собой непременно нѣчто „матеріальное“, тогда какъ отъ „вещи“ требуется лишь, чтобы она была „реальна“.

12) Истинное соотношеніе между эргомъ и килограмметромъ слѣдующее. Эргъ есть произведеніе массы, выраженной въ единицахъ „граммъ-масса“ (см. прим. 2), на путь, выраженный въ сантиметрахъ; въ килограмметрѣ же берется 1) не сантиметръ, а метръ; 2) не граммъ, а килограммъ; 3) не единица „граммъ-масса“, а единица „граммъ-вѣсъ“ (прим. 2). Такимъ образомъ работа при поднятіи одного килограмма на высоту одного метра по сравненію съ эргомъ 1) въ 100 разъ больше, такъ какъ 1 метръ = 100 см.; 2) въ 1000 разъ больше, такъ какъ 1 килограммъ = 1000 граммъ; 3) въ

981 разъ больше, такъ какъ 1 граммъ-вѣсъ заключаетъ въ себѣ 981 граммъ-массу; слѣдовательно:

1 килограмметръ = 98,1 миллионъ эрговъ.

При поднятіи вѣса 1 грамма на 1 см. производится уже работа 981 эрга; для того, чтобы произвести работу только 1 эрга, нужно поднять лишь $\frac{1}{981}$ грамма или, круглымъ счетомъ, 1 миллиграммъ (точнѣе, на $2\frac{0}{10}$ больше) на высоту 1 см., какъ то и указано въ текстѣ.

¹³⁾ Выраженіе „килоуаттъ-часъ“ выводится слѣдующимъ образомъ. Производимая машиной работа возрастаетъ, конечно, пропорціонально продолжительности ея работы; слѣдовательно, машину характеризуетъ работа, производимая въ единицу времени, т. е. въ теченіе 1 секунды; эту работу называютъ эффектомъ, или производительностью машины, и измѣряютъ ее числомъ эрговъ въ секунду, или, такъ какъ эргъ очень малъ, мега-эрговъ въ секунду, или лучше величиной еще въ 10 разъ большей, названной, по имени великаго англійскаго физика и техника, уаттомъ; тысяча такихъ уаттовъ составляютъ килоуаттъ. Къ употреблявшейся прежде мѣрѣ производительности машины — „лошадиной силѣ“ — килоуаттъ относится, круглымъ счетомъ, какъ 4:3; точнѣе такъ, что 736 уаттовъ, т. е. 0,736 килоуатта = 1 лош. силѣ. Если желаютъ измѣрить количество произведенной работы, то, очевидно, эффектъ машины нужно помножить на время и такимъ образомъ, замѣняя для удобства секунды часами, получаютъ понятіе килоуаттъ-часа (иногда пользуются тоже въ 10 разъ меньшей единицей, гектоуаттъ-часомъ). Такимъ образомъ килоуаттъ-часъ равенъ $1\,000\,000 \times 10 \times 1000 \times 60 \times 60$ эргамъ = 36 билліонамъ эрговъ, какъ и указано въ текстѣ.

¹⁴⁾ Живую силу можно легко вычислить въ томъ простомъ случаѣ, когда тѣло массы m по истеченіи одной секунды, въ началѣ которой оно было еще въ покоѣ, приобретаетъ скорость v . Производимая при этомъ работа равна, какъ мы знаемъ, произведенію силы на путь; сила же, съ своей стороны, равна произведенію массы на ускореніе; масса тѣла равна m , ускореніе, т. е. приростъ скорости, $v - 0 = v$; наконецъ, пройденный путь былъ бы равенъ нулю, еслибы тѣло до конца секунды сохранило нулевую скорость; онъ былъ бы равенъ v , еслибы тѣло съ самаго начала имѣло скорость v ; поэтому путь, пройденный тѣломъ въ дѣйствительности, будетъ имѣть

среднюю величину $\frac{1}{2} v$. Такимъ образомъ, для потребленной работы, которая находится въ тѣлѣ въ видѣ кинетической энергіи, мы получаемъ величину:

$$m.v. \frac{1}{2} v., \text{ т. е. } = \frac{1}{2} mv^2,$$

или на словахъ: живая сила равна половинѣ произведенія массы на квадратъ скорости. Это соотношеніе можетъ быть затѣмъ соотвѣтствующимъ образомъ обобщено.

¹⁵⁾ Гораздо раньше еще, чѣмъ было точно опредѣлено реальное понятіе потенциальной энергіи, въ математикѣ и физикѣ пользовались чисто формальнымъ понятіемъ, „потенціала“. Потенціалъ есть величина, измѣненіе которой при переходѣ отъ какой-нибудь одной точки силового поля до другой, находящейся отъ первой въ какомъ-нибудь направленіи на разстояніи 1 см., представляетъ собой силу, дѣйствующую въ данной точкѣ въ томъ же направленіи. Если принять во вниманіе, что паденіе потенциала на разстояніи, отличномъ отъ 1 см., даетъ произведеніе этого разстоянія на силу, т. е. работу, то ясно, что потенциаль и потенциальная энергія тождественны между собой, если не генетически, то по существу.

¹⁶⁾ Этотъ законъ съ одной стороны былъ выведенъ теоретически изъ свойствъ всѣхъ процессовъ движенія (какъ т. наз. интегралъ уравненій движенія); съ другой стороны и независимо отъ этого, въ болѣе широкихъ кругахъ къ нему пришли на основаніи опыта повседневной жизни, наблюденія простыхъ процессовъ движенія и задачъ техники.

Изъ явленій природы приведемъ два примѣра: колебанія струны, которая движется медленнѣе всего въ своихъ крайнихъ положеніяхъ, гдѣ напряженіе ея наиболѣе сильно, быстрѣе же всего въ своемъ среднемъ положеніи, въ которомъ напряженіе наименѣе сильно; и землю, которая медленнѣе всего движется въ тѣ періоды, когда она находится въ наибольшемъ разстояніи отъ солнца, т. е. когда напряженіе ея по отношенію къ солнцу достигаетъ наибольшей величины, и наоборотъ. Изъ области техники слѣдуетъ прежде всего указать на такъ называемое „золотое правило механики“: при пользованіи какимъ-нибудь механизмомъ мы теряемъ въ пройденномъ пути столько же, сколько выигрываемъ въ силѣ, т. е. мы можемъ

измѣнять въ благопріятномъ для насъ смыслѣ лишь оба фактора работы, но не самую работу.

17) Въ литературѣ мы часто встрѣчаемъ положеніе: теплота— не вещество, а движеніе. Такой способъ выраженія выпускаетъ изъ цѣпи заключеній главный членъ и смѣшиваетъ существенное съ тѣмъ, что, здѣсь по крайней мѣрѣ, несущественно. Сущность новаго познанія заключается въ томъ, что теплота не вещество, а энергія. Затѣмъ уже слѣдуетъ, правда, очень интересный, но все же стоящій на второмъ мѣстѣ вопросъ потенциальная ли энергія теплота или кинетическая. А рѣшительно можно сказать: теплота такъ же, какъ и механическая энергія, можетъ быть, смотря по условіямъ, и тѣмъ и другимъ; но только здѣсь невозможно фактическое доказательство: движеніе, лежащее въ основѣ кинетической тепловой энергіи, невидимо, такъ какъ это есть движеніе мельчайшихъ частицъ, изъ которыхъ по нашимъ представленіямъ состоитъ вещество; подобныя движенія называютъ въ послѣднее время скрытыми движеніями. На одномъ классѣ тѣлъ, на газахъ, очень хорошо, частью даже блестяще, подтвердилось ученіе— кинетическая теорія газовъ— которое выдвигаетъ на первый планъ кинетическую энергію движущихся газовыхъ частицъ, ихъ же потенциальной энергіи, т. е. взаимному напряженію, придаетъ совершенно второстепенное значеніе (а именно только, когда двѣ частицы подходятъ другъ къ другу особенно близко). И если утвержденіе, что теплота есть движеніе, оказывается не совершенно точнымъ уже для газовъ, то для остальныхъ веществъ, въ которыхъ потенциальная энергія играетъ во всякомъ случаѣ гораздо большую роль, она совершенно неприемлема.

18) Многіе читатели готовы, вѣроятно, задать вопросъ: гдѣ же рабочій эквивалентъ электричества, магнетизма, свѣта? Какія числовыя величины имѣютъ эти эквиваленты, представляющіе не меньшій интересъ, чѣмъ эквивалентъ теплоты?

Прежде всего, что касается электрической энергіи, то здѣсь видно, какъ различно могутъ складываться отношенія, смотря по ходу историческаго развитія. Электрическій эквивалентъ долженъ представлять собой отношеніе единицы электрической энергіи къ единицѣ механической. Но вплоть до послѣдней четверти минувшаго столѣтія не было сколько-нибудь общепринятыхъ электрическихъ единицъ. Когда же затѣмъ приступили къ выработкѣ международныхъ единицъ, принципъ сохраненія энергіи успѣлъ приобрести такое

значеніе, что особой единицы для электрической энергіи уже не стали создавать, а рѣшили измѣрять ее прямо эргомъ или кратнымъ эрга. Мы уже указали, что работа электрическаго тока равна произведенію количества тока на его напряженіе; количество тока измѣрятся „кулонами“ или „амперъ-секундами“, напряженіе—„вольтами“; произведеніе же обоихъ, называемое „вольтъ-кулонами“ или „джоулями“ или „уаттъ-секундами“ (см. выше), даетъ такимъ образомъ работу или энергію, причемъ эти величины (въ видахъ удобства) въ 10 миллионѣвъ разъ больше эрга. Килоуаттъ-часъ равенъ тогда, какъ мы видѣли, 36 билліонамъ эрговъ, и съ этой точки зрѣнія, измѣряя электрическую энергію килоуаттъ-часами, можно сказать, что рабочей эквивалентъ электрической энергіи равенъ 36 билліонамъ.

Еще иначе обстоитъ дѣло со свѣтовой энергіей. Что лучи свѣта заключаютъ въ себѣ извѣстное количество энергіи, давно уже стоитъ внѣ сомнѣнія; но лишь въ послѣднее время, именно русскому физику профессору Лебедеву, удалось дѣйствительно измѣрить давленіе, производимое лучами свѣта. Вопросъ о свѣтовыхъ единицахъ также еще не разрѣшенъ окончательно, хотя для этого имѣются достаточно хорошо обдуманная предложенія, основанныя на точно опредѣленныхъ понятіяхъ („лумень“ = эффектъ, „лумень-секунда“ или „лумень-часъ“ = энергія). Поэтому мы ограничимся здѣсь лишь указаніемъ на результатъ, полученный Тумлирцомъ (Tumlirz), который во всякомъ случаѣ приблизительно вѣрно даетъ порядокъ этой величины, и согласно которому амилацетатова лампа (опредѣленнаго типа) испускаетъ на площадь 1 квадрат. сантиметра, отстоящую отъ нея на 1 метръ, свѣтовой энергіи около 15 эрговъ въ секунду.

¹⁹⁾ Еслибы когда-либо дѣйствительно удалось свести точнымъ образомъ понятіе вещества къ понятію энергіи, то этимъ былъ бы установленъ монизмъ въ видѣ „энергетики“, по крайней мѣрѣ, для области неорганической природы. Дуализмъ между физикой и химіей, на несовершенства котораго уже было указано выше (прим. 10), долженъ былъ бы совершенно исчезнуть, и вмѣсто того мы имѣли бы приблизительно слѣдующее: комплексы энергіи при извѣстныхъ обстоятельствахъ вызываютъ впечатлѣніе вещественныхъ тѣлъ съ постоянными качествами; особая наука—химія—занимается изслѣдованіемъ этихъ качествъ и ихъ превращеній.

Съ точки зрѣнія такого познанія, которое должно уйти далеко

впередъ отъ современнаго, слѣдуетъ даже признать, что вещество можетъ исчезать, превращаясь въ какой-нибудь другой видъ энергіи, не являющійся въ видѣ вещества, и точно такъ же, что вещество, наоборотъ, можетъ создаваться. Въ такомъ случаѣ принципъ сохраненія вещества потерялъ бы свою силу, и мы должны были бы отвергнуть соображенія, изложенныя на стр. 6.

²⁰⁾ Впрочемъ, не одно лишь количество вещества и количество энергіи остаются неизмѣнными; существуютъ еще и другія постоянныя, но не имѣющія такого общаго значенія; напомнимъ здѣсь лишь о сохраненіи центра тяжести, сохраненіи плоскости колебаній маятника и вращенія волчка*), о плоскости Лапласа (Laplace) и вихревыхъ кольцахъ.

²¹⁾ Напримѣръ, кинетическая энергія видимаго движенія, представляемая, какъ мы видѣли (прим. 14), выраженіемъ $\frac{1}{2} mv^2$, можетъ быть разложена на m (коэф. экстенсивности) и $\frac{1}{2} v^2$ (коэф. интенсивности); но это же произведеніе $\frac{1}{2} mv^2$ можно составить также изъ множителей mv и $\frac{1}{2} v$; подобныя же сомнѣнія могутъ возникнуть и при разборѣ явленій теплоты и т. д.

²²⁾ Полезное дѣйствіе тепловыхъ машинъ опредѣляется однимъ очень замѣчательнымъ соотношеніемъ, для выраженія котораго необходимо ввести понятіе т. наз. „абсолютной температуры“. Какъ извѣстно, подъ этимъ подразумѣваютъ температуру, отсчитанную отъ нѣкоторой фиктивной точки абсолютнаго нуля; при обычномъ способѣ выраженія температуръ эта точка лежитъ при -273^0 Цельзія, такъ что абсолютная температура какого-нибудь тѣла получается, если прибавить 273^0 къ его обыкновенной температурѣ, измѣренной въ градусахъ Цельзія отъ точки замерзанія воды. Упомянутое замѣчательное соотношеніе состоитъ въ томъ, что полезное дѣйствіе и степень разсѣянія тепловой машины, обратимость которой совершенна, зависятъ вовсе не отъ внутренняго устройства машины, а только отъ температуръ котла и холодильника съ которыми она работаетъ, именно: отданная холодильнику разсѣянная теплота w относится ко всей произведенной котломъ теплотѣ H , какъ абсо-

*) Ср проф. *Перри. Вращающійся волчокъ*. Одесса, Матезисъ 1906.

лутная температура холодильника t къ абсолютной температурѣ котла T , т. е.

$$w : W = t : T.$$

Если же работа машины не вполне обратима, то степень разсѣянія въ ней еще больше, т. е. полезное дѣйствіе еще меньше. Возьмемъ, на примѣръ, паровую машину, въ которой $T = 100^\circ + 273^\circ = 373^\circ$ (кипящая вода), $t = 20^\circ + 273^\circ = 293^\circ$; въ ней $t : T = 293 : 373 = 0,73$, т. е. 73% затраченной энергіи теряются и лишь 27% превращаются въ работу; но въ дѣйствительности, такъ какъ работа паровой машины сопровождается необратимыми побочными явленіями, полезное дѣйствіе еще меньше и составляетъ большей частью лишь 15—20%. Его можно нѣсколько увеличить, повышая давленіе въ котлѣ, но и это не много измѣняетъ дѣло. Зло заключается, очевидно, въ томъ, что мы находимся въ отношеніи температурныхъ условій слишкомъ высоко надъ точкой абсолютнаго нуля и что мы не можемъ достаточно понизить нашу температуру t . Электрическіе двигатели, на примѣръ, не подлежатъ подобному ограниченію, и потому въ нихъ полезное дѣйствіе гораздо выше.

23) Исходныя точки понятій энтропіи и энергіи были совершенно различны; второе было установлено прежде всего для механики, понятіе же энтропіи—для тепловыхъ явленій. Приблизительное представленіе о его научномъ опредѣленіи въ этой области мы можемъ себѣ составить, пользуясь указаніями предыдущаго примѣчанія. Если бы паровая машина при одномъ своемъ полномъ оборотѣ—его называютъ круговымъ процессомъ—отдавала холодильнику столько же теплоты, сколько она получаетъ отъ котла, то это можно было бы выразить также слѣдующимъ образомъ: вся отданная ею теплота (считая полученную теплоту отрицательной, отданную—положительной, т. е. называя первую $-W$, вторую $+w$) равна нулю:

$$(-W) + w = 0.$$

Однако, въ дѣйствительности это не такъ, иначе машина была бы совершенно безцѣльна. Но, какъ мы видѣли при обратимой работѣ имѣетъ мѣсто уравненіе:

$$\left(-\frac{W}{T}\right) + \frac{w}{t} = 0,$$

т. е. сумма отданныхъ количествъ теплоты, изъ которыхъ каждое раздѣлено на соотвѣтствующую абсолютную температуру, равна нулю. Всякое тѣло, состоящее въ тепловомъ общеніи съ окружающей

средой, можно разсматривать, какъ машину, болѣе нагрѣтыя части его поверхности—какъ котель, болѣе холодныя—какъ холодильникъ; въ комнатѣ, на примѣръ, эту роль играли бы печи и окна; въ такомъ случаѣ можно написать, что (Σ означаетъ сумму многихъ такихъ членовъ)

$$\Sigma \frac{w}{t} = 0.$$

Это уравненіе имѣетъ силу только для кругового процесса, т. е. машина или тѣло должны сами совершить полный періодъ и вернуться къ своему первоначальному состоянію. Во всѣхъ другихъ случаяхъ эта сумма имѣетъ величину, отличную отъ нуля, и ее-то называютъ энтропией (S) тѣла:

$$S = \Sigma \frac{w}{t}.$$

Такимъ образомъ энтропію можно опредѣлить, какъ сумму всѣхъ количествъ теплоты, когда-либо отданныхъ тѣломъ, причемъ каждое количество должно быть сперва еще раздѣлено на абсолютную температуру, при которой совершалась отдача. При этомъ должно также быть соблюдено условіе, чтобы всѣ процессы, въ которыхъ участвуетъ тѣло, были обратимы; если это не такъ, то, какъ мы уже видѣли на примѣрѣ паровой машины, энтропія еще больше.

²⁴⁾ Послѣ того, какъ уже установилось понятіе „энтропіи“, многіе, навѣрное, пользовались также выраженіемъ „эктропія“; въ литературѣ оно играетъ, хотя въ нѣсколько иномъ смыслѣ, извѣстную роль, въ особенности въ сочиненіяхъ Г. Гирта (G. Hirth), которыя изъ-за своего своеобразнаго языка и иногда очень фантастическихъ соображеній не обратили на себя того вниманія, какого часть ихъ содержанія заслуживаетъ.

²⁵⁾ Почему тепловая энергія такъ неполно превратима? На этотъ вопросъ можно дать очень удовлетворительный отвѣтъ, если свести теплоту, какъ то дѣлаетъ кинетическая теорія газовъ (ср. прим. 17), къ колебательному движенію частицъ. Въ такомъ случаѣ теплота является, правда, также энергіей движенія, но это движеніе не видимое и осязаемое, а „скрытое“ (ср. прим. 17) и притомъ (такъ какъ частицы колеблются по всѣмъ возможнымъ направленіямъ), „безпорядочное“; поэтому на него нельзя дѣйствовать, нельзя привести его въ порядокъ. Съ этой точки зрѣнія тенденцію, которая проявляется во всѣхъ процессахъ въ природѣ, можно представить такъ, что дви-

женіе всегда, въ главной части упорядоченное, превращается въ безпорядочное и видимое движеніе въ скрытое.

Гельмгольцъ дѣлаетъ по поводу этихъ соображеній интересное замѣчаніе, что тамъ, гдѣ было бы возможно оказывать воздѣйствіе на отдѣльныя молекулы, принципъ энтропіи потерялъ бы свою силу. Быть можетъ, такъ оно и есть въ жизненныхъ явленіяхъ, происходящихъ въ тончайшихъ по структурѣ тканяхъ; тогда мы бы наконецъ обладали качественнымъ, а не только количественнымъ критеріемъ для явленій жизни: неподчиненіемъ ихъ принципу энтропіи.

26) Изъ того обстоятельства, что въ настоящее время еще существуютъ конечныя разности въ уровняхъ, температурахъ и т. д., нѣкоторые авторы заключаютъ, что возрастъ міра не есть безконечность, такъ какъ иначе выравниваніе должно было бы уже привести къ различіямъ только безконечно-малымъ. Противъ этого можно возразить, что мы называемъ „конечными“ именно тѣ различія, которыя существуютъ въ настоящее время.

27) Не легко составить себѣ опредѣленные представленія о характерѣ конечнаго состоянія, которое должно когда-нибудь наступить; нѣкоторыя изъ такихъ представленій навѣрное ошибочны. Такъ, напримѣръ, часто говорятъ объ охлажденіи и замерзаніи вселенной, которая должна обратиться въ ледъ и снѣгъ. Но, говоря объ интересующей насъ прежде всего солнечной системѣ и принимая во вниманіе, что наибольшую часть ея массы составляетъ солнце колоссально высокой температуры, нужно признать, что, если когда-нибудь планеты и т. д., вслѣдствіе истощенія энергіи своего движенія, опять сольются съ солнцемъ, то такое конечное состояніе будетъ характеризоваться очень высокой температурой, а также чрезвычайно малой плотностью. Это состояніе будетъ отличаться отъ начальнаго состоянія солнечной системы, какъ его представляютъ Кантъ и Лапласъ, лишь отсутствіемъ вращенія этого океана горячихъ газовъ, и новый толчокъ, который сообщилъ бы вращеніе, могъ бы опять возобновить всю исторію міра. Но такой толчокъ, какъ „доисторическій“, такъ и возможный „послѣисторическій“, можетъ быть сообщенъ міру только извнѣ, и потому остается чисто метафизическимъ, лежащимъ за самыми крайними предѣлами познанія природы.

Л и т е р а т у р а

Въ нижеслѣдующихъ строкахъ сдѣланъ, конечно, очень небольшой выборъ изъ литературы, посвященной вопросамъ энергіи и энтропіи. Онъ заключаетъ въ себѣ, какъ оригинальныя изслѣдованія, такъ и компіляціи или популярныя изложенія. Многія изъ нихъ предполагаютъ болѣе или менѣе основательныя математическія познанія. Порядокъ списка алфавитный.

Auerbach.—Kanon der Physik. Понятія, принципы, законы, формулы и постоянныя физики. Лейпцигъ 1899. (Въ особенности: глава 7-ая—энергія, гл. 8-ая—энтропія).

Онъ же.—Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Лейпцигъ 1902 (общедоступное изложение).

Boltzmann.—Ein Wort der Mathematik an die Energetik. Ann. d. Phys. 1896, т. LVII. стр. 39.

Carnot.—Sur la puissance motrice du feu. Парижъ 1824.

Clausius.—Die mechanische Wärmetheorie. (3-ье и 2-ое изд.). 3 тома. Брауншвейгъ.

Dühring.—Kritische Geschichte der Prinzipien der Mechanik. Берлинъ 1873 (3-ье изд. 1887).

Helm.—Energetik. Лейпцигъ 1898.

Helmholtz.—Ueber die Erhaltung der Kraft. Берлинъ 1847.

Онъ же.—Wissenschaftliche Abhandlungen.

Hirth.—Energetische Epigenesis. Мюнхенъ 1898.

Онъ же.—Entropie der Keimsysteme. Мюнхенъ 1900.

Joule.—Das mechanische Wärmeäquivalent. Брауншвейгъ 1872.

Онъ же.—Scientific Papers. Лондонъ 1884.

Kelvin, Lord (W. Thomson).—Collected Papers.

Mach.—Die Prinzipien der Mechanik, historisch-kritisch entwickelt 4 изд.) Лейпцигъ 1901.

Онъ же.—Die prinzipien der Wärmelehre, historisch-kritisch entwickelt (2 изд.). Лейпцигъ 1900.

Онъ же.—Populärwissenschaftliche Vorlesungen. 2 изд. Лейпцигъ 1897.

Maxwell.—Theorie der Wärme. Нѣм. пер. Auerbach'a. Бреславль 1878.

Mayer, Rob.—Die Mechanik der Wärme. (3 изд.). Штутгартъ 1893.

Онъ же.—Kleinere Schriften. Штутгартъ 1893.

Ostwald.—Lehrbuch der allgemeinen Chemie.

Онъ же.—Grundriss der allgemeinen Chemie.

Онъ же.—Die Ueberwindung des wissenschaftlichen Materialismus. Лейпцигъ 1895. (Докладъ на Любекскомъ Съѣздѣ Естествоиспытателей. Онъ былъ напечатанъ въ „Вѣстникъ Опытной Физики“ за 1896 годъ въ №№ 227 и 228).

Planck.—Das Prinzip der Erhaltung der Energie. Лейпцигъ 1887.

Онъ же.—Grundriss der Thermochemie. 1893 (Въ особенности дополненія).

Онъ же.—Thermodynamik. Лейпцигъ 1897.

Онъ же.—Gegen die neuere Energetik. Ann. d. Phys. 1896 г., LVII стр. 72.

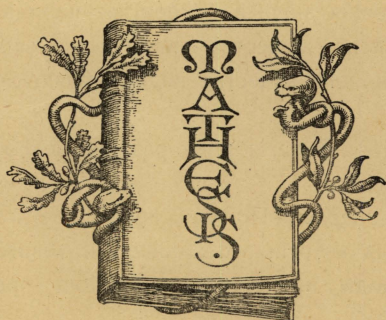
Wald.—Die Energie und ihre Entwertung. Лейпцигъ 1889.

Zwerger.—Die lebendige Kraft und ihr Maass. Мюнхень 1885.

33, 32,

Содержаніе.

	стр.
Предисловіе автора	III
Предисловіе къ русскому изданію	IV
Предисловіе Ш. Э. Гильома	V
I. Законъ сохраненія энергіи.—Энергія—царица міра	1
II. Законъ сохраненія вещества—Количество вещества неизмѣнно, но его качества видоизмѣняются	2
III. Работа	6
IV. Запасы работы—Энергія и ея различныя формы—Измѣреніе работы	11
V. Кинетическая энергія—Потенціальная энергія	14
VI. Преобразованія энергіи—Механической эквивалентъ тепла	16
VII. Явленія природы представляютъ собою преобразованія энергіи	19
VIII. Измѣненіе является характерною особенностью всѣхъ явленій природы	23
IX. Явленія въ природѣ стремятся къ выравниванію	26
X. Разсѣянiе энергіи—Интенсивность и экстенсивность ея—Неполная обратимость—Изнашиваніе	29
XI. Энтропія есть степень разсѣянiя энергіи	35
XII. Слѣдствія энтропіи	38
Примѣчанія	40
Литература	53



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

ВЫШЛИ ВЪ СВѢТЪ СЛѢДУЮЩІЯ ИЗДАНІЯ:

Г. АБРАГАМЪ.

Преподаватель Высшей Нормальной Школы въ Парижъ.

Сборникъ элементарныхъ опытовъ по физикѣ.

Составленный по порученію Французскаго Физическаго Общества 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. *Стр. XVI+272. Свыше 300 рисунк. Цѣна 1 р. 50 к.*
Допущено Уч. Ком. М. Н. Пр. въ учен. библ. средн. уч. зав., учит. семин. и городскихъ, по положенію 31 мая 1872 г., училищъ, а равно и въ безпл. народн. читальни и бібліотеки.

ЧАСТЬ II. Акустика—Оптика—Электричество и магнетизмъ—Числовыя таблицы—Алфавитный указатель.

Стр. 434+LXXV. Свыше 400 рисунковъ. Цѣна 2 р. 75 к.

Изъ отзывовъ о I части: „... кромѣ того составитель пользовался 64-мя сочиненіями, такъ что разсматриваемый сборникъ имѣетъ, кромѣ составителя, какъ бы 218 сотрудниковъ, на которыхъ и даны указанія въ соответственныхъ мѣстахъ текста... Нѣтъ сомнѣній, что содержаніе книги вполне соответствуетъ ея назначенію и что она можетъ принести большую пользу тому дѣлу, которому она назначена служить. Русскій переводъ, просмотрѣнный весьма опытнымъ въ этомъ дѣлѣ редакторомъ, никакихъ замѣчаній не вызываетъ“.

Проф. О. Хвольсонъ, Ж. М. Н. Пр. апр. 1905 г.

„Переводъ сдѣланъ очень тщательно, рисунки выполнены превосходно, вообще книга можетъ служить прекраснымъ руководствомъ въ физической лабораторіи“.

Русская Мысль, апрѣль 1905 г.

Изъ отзывовъ о II части: „Мы надѣемся, что разбираемый трудъ станетъ настольной книгой каждой физической лабораторіи въ Россіи“.

Русская Мысль, августъ 1906 г.

„Передъ нами безукоризненно переведенная и великолѣпно изданная книга... вся книга проникнута истинно-научнымъ духомъ“...

Физикъ-Любитель, янв.—февр. 1906 г.

УСПѢХИ ФИЗИКИ

Сборникъ статей о важнѣйшихъ открытіяхъ послѣднихъ лѣтъ въ общедоступномъ изложеніи подъ редакціей „Вѣстника Опытной Физики и Элементарной Математики.“

Содержаніе: *Винеръ*, Расширеніе нашихъ чувствъ—*Пильчиковъ*, Радій и его лучи—*Дебьернъ*, Радій и радиоактивность—*Рихарцъ*, Электрическія волны—*Слаби*, Телеграфированіе безъ проводовъ—*Шмидтъ*, Задача объ элементарномъ веществѣ (основанія теоріи электроновъ).

IV+157 стр. съ 41 рис. и 2 табл. Цѣна 75 коп.

Допущено Уч. Ком. М. Н. Пр. въ учен. старш. возр. библ. средн. учебн. зав., а равно и въ безпл. народн. библ. и читальни.

„Книга издана, какъ и всѣ остальные издана книгоиздательства „Mathesis“, чрезвычайно аккуратно и вмѣстѣ съ тѣмъ поразительно дешево; нужно надѣяться, что послѣднее обстоятельство послужитъ къ широкому распространенію этой чрезвычайно интересной книги“.

Русская Мысль, апрѣль 1906 г.

ПРОФ. С. А. АРРЕНИУСЪ.

ФИЗИКА НЕБА

РАЗРЪШ. АВТОРОМЪ и ДО-
ПОЛН. ПО ЕГО УКАЗАНИЯМЪ

переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей приватъ-доцента А. Р. Орбинскаго
VIII+250 стр. съ 66 черн. и 2 цвѣтн. рис., 1 черн. и 1 цв. табл. *Цѣна 2 руб.*

Допущено Уч. Ком. М. Н. Пр. въ учен. стар. возр. библ. средн. учебн. зав., а равно и въ безпл. народн. библ. и читальни.

„Съ особой радостью должно привѣтствовать появленіе въ русскомъ переводѣ 1-ой части „Lehrbuch der Kosmischen Physik“ такого выдающагося ученаго, какъ Аррениусъ. Являясь весьма полезнымъ пособіемъ для студентовъ, эта книга должна немедленно занять свое мѣсто въ спискахъ книгъ, рекомендуемыхъ для самообразованія“. *Миръ Божій*, апрѣль 1905 г.

„Попытка популяризировать астрофизику сама по себѣ уже можетъ быть встрѣчена съ благодарностью; настоящая же книга, въ которой научность содержанія, ясность и простота изложенія, и превосходный переводъ соперничаютъ другъ съ другомъ, можетъ еще болѣе увеличить интересъ къ этому новому отдѣлу современной астрономіи“. *Русская Мысль*, іюнь 1905 г.

Проф. С. НЬЮКОМЪ.

АСТРОНОМІЯ ДЛЯ ВСѢХЪ

Переводъ съ англійск., съ предисл. приватъ-доцента А. Р. Орбинскаго.
XXIV+286 стр., съ портр. автора, 64 рис. и 1 табл. *Цѣна 1 руб. 50 коп.*

Допущено Уч. Ком. М. Н. Пр. въ учен. стар. возр. библ. средн. учебн. зав., а равно и въ безпл. народн. библ. и читальни.

„... Книгоиздательство Mathesis успѣло заявить себя съ самой лучшей стороны, подбирая для изданія наиболѣе интересныя и выдающіяся книги; неудивительно поэтому, что „Астрономія для всѣхъ“, представляющая строго научную теорію современной астрономіи, вышла именно въ этомъ изданіи“.

Русская Мысль, сентябрь 1905 г.

„Астрономія для всѣхъ“—одна изъ лучшихъ популярныхъ книгъ по астрономіи. Это въ одно и то же время и исполнѣ научно, и совершенно доступно и изящно написанная книга. Она можетъ служить пособіемъ для самообразованія, и учебнымъ пособіемъ при прохожденіи курса космографіи“

Вѣстникъ Воспитанія, мартъ 1906 г.

Проф. ДЖ. ПЕРРИ.

ВРАЩАЮЩІЙСЯ ВОЛЧОКЪ

Публичная лекція, содержащая популярное изложеніе теоріи волчка.

Переводъ съ англійскаго. VIII+96 стр. съ 63 рисунками. *Цѣна 60 коп.*

„Съ первой страницей своей книги проф. Перри овладѣваетъ вниманіемъ читателя и во всей книгѣ описываетъ и поясняетъ такъ много занимательныхъ опытовъ и явленій изъ области астрономіи, физики и химіи, что читатель складываетъ книгу только тогда, когда прочтеть послѣднія строки послѣдней страницы... (Авторъ) начинается съ разбора теоріи вращательнаго движенія, переходитъ затѣмъ къ разбору механическихъ явленій и послѣ тщательнаго изложенія причинъ, вызывающихъ астрономическое явленіе—предвареніе равноденствій, заканчиваетъ свою лекцію разсмотрѣніемъ теоріи свѣта, электричества и магнетизма. Все изложено въ самой общедоступной формѣ и читается легко... Такой прекрасной книгѣ нельзя не пожелать широкаго распространія“

Проф. С. Глазенапъ, *Новое Время*, 15 ноября 1906 г.

МАТЕЗИСЪ

Г. ВЕБЕРЪ и І. ВЕЛЬШТЕЙНЪ

ЭНЦИКЛОПЕДІЯ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКИ

Томъ І. Элементарная алгебра и анализъ

Обраб. проф. Веберомъ.

Переводъ съ нѣмецкаго подѣ редакціей и съ примѣчаніями приватъ-доцента В. ф. Кагана.

Содержаніе: Книга І. Основанія ариметики. Книга ІІ. Алгебра.
Книга ІІІ. Анализъ.

650 стр. Цѣна 3 р. 50 к.

Можно приобрести выпусками: вып. І, стр. 256, ц. 1 р. 50 к., вып. ІІ—окончаніе, ц. 2 р.

Проф. Р. ДЕДЕКИНДЪ.

НЕПРЕРЫВНОСТЬ И ИРРАЦИОНАЛЬНЫЯ ЧИСЛА.

Переводъ С. Шатуновскаго,

приватъ-доцента Новороссійскаго Университета съ приложеніемъ его статьи:

Доказательство существованія трансцендентныхъ чиселъ.

40 стр. Цѣна 40 коп.

Изъ предисловія переводчика: „Приступая къ переводу этого большого сочиненія (Дедекинда) на русскій языкъ, мы, съ одной стороны, руководствовались назрѣвшею у насъ, какъ намъ кажется, потребностью отдать себѣ ясный отчетъ въ тѣхъ началахъ, которыя лежатъ въ основѣ ариметики вообще и ариметики ирраціональныхъ въ частности; съ другой стороны, намъ казалось, что въ маленькой брошюрѣ Дедекинда яркая образность и высокая отвлеченность соединены въ той мѣрѣ, въ какой это необходимо для того, чтобы уяснить читателю ходъ возникновенія современной вполнѣ отвлеченной идеи объ ирраціональномъ числѣ“...

Проф. Н. ШЕЙДЪ.

ХИМИЧЕСКІЕ ОПЫТЫ

ДЛЯ ЮНОШЕСТВА

Переводъ съ нѣм. подѣ ред. лаборанта Имп. Нов. Универс. Е. С. Ельчанинова

192 стр. съ 79 рисунками. Цѣна 1 р. 20 к.

Изъ предисловія къ русскому изданію: „Трудъ проф. Шейда нельзя разсматривать, какъ учебникъ или специальное руководство; это есть лишь пособие для первоначальнаго ознакомленія съ весьма труднымъ предметомъ. Съ этой точки зрѣнія книга Шейда представляется весьма цѣнной и полезной. Несомнѣнно опытный и талантливый педагогъ, онъ сумѣлъ такъ подобрать и распредѣлить матеріалъ, что молодой химикъ безъ особеннаго труда, но съ большимъ интересомъ станетъ знакомиться съ химическими явленіями и приучаться къ самостоятельному экспериментированію. Для дальнѣйшаго химическаго образованія такимъ образомъ закладывается солидный базисъ“...

Изъ предисловія автора: „Предлагаемые опыты расположены и выбраны прежде всего такъ, что они не требуютъ никакихъ предварительныхъ знаній. Съ переходомъ отъ легкаго къ трудному уже приобретенныя въ опытахъ знанія постоянно снова примѣняются къ дѣлу и становятся глубже. Самымъ тщательнымъ образомъ авторъ избѣгаетъ всего, что можетъ дать экспериментирующему ложное представленіе о сущности химіи“...

✦ МАТЕЗИСЬ ✦

ПЕЧАТАЮТСЯ и ГОТОВЯТСЯ КЪ ПЕЧАТИ:

Проф. ВИХЕРТЬ.

ВВЕДЕНИЕ ВЪ ГЕОДЕЗИЮ.

Лекции для преподавателей средних учебных заведений.

ПЕРЕВОДЪ СЪ НѢМЕЦКАГО

80 стр. съ 41 рис. Цѣна 35 коп.

Проф. А. РИГИ.

СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРІЯ ФИЗИЧЕСКИХЪ ЯВЛЕНІЙ.

(Радиоактивность, іоны, электроны). Переводъ съ итальянскаго.

Цѣна 60 коп.

Содержаніе: Введеніе—I. Электролитическіе іоны и электроны—II. Электроны и свѣтотыя явленія—III. Природа катодныхъ лучей—IV. Іоны въ газахъ и въ твердыхъ тѣлахъ—V. Радиоактивность—VI. Масса, скорость и электрическій зарядъ іоновъ и электроновъ—VII. Электроны и строеніе вещества.

Б. ШМИДЪ.

ФИЛОСОФСКАЯ ХРЕСТОМАТІЯ

Пособіе для среднихъ учебныхъ заведеній и для самообразованія.

Пер. съ нѣмецкаго подъ ред. проф. Н. Н. Ланге.

Изъ предисловія къ нѣмецкому изданію: „Во всѣхъ сферахъ, и особенно со стороны естественныхъ наукъ, гдѣ до сихъ поръ царилъ наибольшее предубѣжденіе противъ философіи, обнаруживается потребность связать разрозненныя познанія въ одно цѣльное міросозерцаніе. Въ настоящей книгѣ составитель осуществляетъ свою давнишнюю мечту и надѣется, что при подборѣ матеріала имъ приняты во вниманіе интересы молодежи. Я имѣлъ въ виду создать пособіе для учителя, но въ то же время я старался расположить матеріалъ такъ, чтобы тамъ, гдѣ философіи удѣляется больше вниманія, эта книга могла принести пользу и въ рукахъ ученика.“

Цѣна 1 руб.

С. ТРОМГОЛЬТЪ.

ИГРЫ СО СПИЧКАМИ

ЗАДАЧИ и РАЗВЛЕЧЕНІЯ.

Переводъ съ нѣмецкаго.

„Игры со спичками“ С. Тромгольта представляютъ собраніе задачъ и развлеченій при помощи обыкновенныхъ спичекъ. Не являясь книгой популярно научнаго характера, „Игры со спичками“ даютъ, однако, въ своихъ задачахъ, составленныхъ въ высшей степени остроумно и оригинально, столько матеріала для геометрическихъ и ариметическихъ соображеній, что книгоиздательство „Матезисъ“ нашло появленіе этой книги въ ряду своихъ изданій очень желательнымъ; оно увѣрено, что эта книга можетъ заинтересовать не только учащихъ, на которыхъ она главнымъ образомъ разчитана, но и взрослыхъ.

Цѣна 50 коп.

ОТКРЫТА ПОДПИСКА НА ИЗДАНИЕ:

ЛАНУРЪ и АППЕЛЬ

ИСТОРИЧЕСКАЯ ФИЗИКА.

ПЕРЕВОДЪ СЪ НѢМЕЦКАГО

подъ редакціей „Вѣстника Опытной Физики и Элементарной
Математики“.

Около 800 страницъ большого формата и свыше 800 рисунковъ въ текстѣ и на отдѣльныхъ таблицахъ.

„Историческая Физика“ представляетъ собою полное изложеніе элементарной физики въ ея историческомъ развитіи. Это изложеніе совершенно общедоступно и богато иллюстрировано чертежами, картами и рисунками, отчасти взятыми изъ старинныхъ авторовъ, какъ Герике и др. Давая много любопытнаго историческаго матеріала, „Историческая Физика“ явится цѣннымъ пособіемъ для преподавателя въ оживленіи его уроковъ, интереснымъ чтеніемъ для учащагося и для всякаго образованнаго чловѣка и въ особенности полезнымъ руководствомъ для самообразованія.

„Историческая Физика“ выйдетъ въ шести выпускахъ, въ 8—9 печатныхъ листовъ каждый. Первый выпускъ появится весною 1907 года, а остальные будутъ слѣдовать чрезъ промежутки около 2 мѣсяцевъ, такъ что все изданіе закончится не позже первой половины 1908 года.

ПОДПИСНАЯ ЦѢНА:

5 р. 50 к. безъ пересылки и 6 р. 50 к. съ пересылкой

Подписавшіеся получаютъ выпуски немедленно по мѣрѣ ихъ выхода.

Допускается разсрочка на слѣдующихъ условіяхъ:

при подпискѣ городскіе подписчики вносятъ 1 р. 50 к., иногородніе 2 р., и по полученіи каждаго изъ первыхъ пяти выпусковъ городскіе подписчики вносятъ по 1 р., иногородніе по 1 р. 20 к. За наложеніе платежа 10 к. особо.

По окончаніи изданія цѣна будетъ повышена.

Имѣется на складѣ:

Каганъ, В. ОСНОВАНІЯ ГЕОМЕТРИИ. Часть I. Опытъ обоснованія евклидовой геометріи. 793 стр. Ц. 3 р. Часть II. Историческій очеркъ развитія ученія объ основаніяхъ геометріи. Около 500 стр. Ц. 3 р. (заканчивается печатаніемъ).

Ефремовъ, Д. НОВАЯ ГЕОМЕТРІЯ ТРЕУГОЛЬНИКА. Стр. 334+XVII. Цѣна 2 р.

Линдеманъ, Ф. ФОРМА И СПЕКТРЪ АТОМОВЪ. Рѣчь, произнесенная на годичномъ актѣ Мюнхенскаго университета 1905. Пер. съ нѣм. Ц. 20 к.

Печатается и поступитъ на складѣ:

Whetham, W. проф. СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТІЕ ФИЗИКИ. Съ 16 рисунками въ текстѣ, 9 отдѣльными таблицами и 5 портретами. Съ приложеніемъ рѣчи Перваго Министра Англіи (1902—1905) *А. Дж. Бальфура*: „Нѣсколько мыслей о новой теоріи вещества.“ Цѣна 1 р. 50 к.

СЪ ТРЕБОВАНИЯМИ ОБРАЩАТЬСЯ:

СКЛАДЪ ИЗДАНІЙ „МАТЕЗИСЪ“

Одесса, улица Новосельскаго, 66.



<http://mathesis.ru>