

Проф. Ф. АУЭРБАХЪ

# ЦАРИЦА МІРА и ЕЯ ТЪНЬ

БІБЛІОТЕКА  
УЧИТЕЛЬСКІЙ КУРСОВЪ  
ФІЗ. СІМ. Училищъ Москв.  
по каталогу № 785.



5-е изд.







Ф. АУЕРБАХЪ.

ПРОФ. ІЕНСКАГО УНИВЕРСИТЕТА

# ЦАРИЦА МІРА и ЕЯ ТЪНЬ

ОБЩЕДОСТУПНОЕ ИЗЛОЖЕНІЕ ОСНОВАНІЙ УЧЕНІЯ

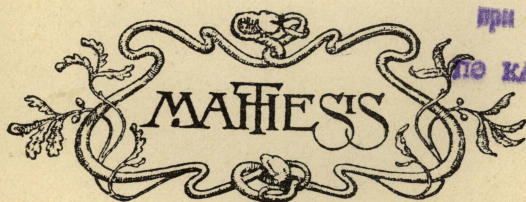
ОБЪ ЭНЕРГІИ и ЭНТРОПІИ

ПЕРЕВОДЪ СЪ НѢМЕЦКАГО

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

Пятое изданіе

БИБЛИОТЕКА  
УЧИТЕЛЬСКИХЪ КУРСОВЪ  
при СПБ. Учебномъ Округѣ.  
по каталогу № 785.



ОДЕССА  
1911

<http://mathesis.ru>



---

*Первое изданіе было допущено Уч. Ком. М. Н. Пр. въ учен. старш. возр.  
библ. сред. учебн. зав., а равно и въ безпл. народн. библ. и читальни.*

---



# Содержаніе

	СТР.
Предисловіе автора . . . . .	IV
Предисловіе Ш. Э. Гильома . . . . .	V
I. Законъ сохраненія энергіи — Энергія-царица міра . . . . .	1
II. Законъ сохраненія вещества — Количество вещества неиз- мѣнно, но его качества видоизмѣняются . . . . .	2
III. Работа . . . . .	6
IV. Запасы работы — Энергія и ея различныя формы — Измѣреніе работы . . . . .	10
V. Кинетическая энергія — Потенціальная энергія . . . . .	13
VI. Преобразованія энергіи — Механической эквивалентъ тепла . .	15
VII. Явленія природы представляютъ собою преобразованія энергіи .	18
VIII. Измѣненіе является характерною особенностью всѣхъ явленій природы . . . . .	22
IX. Явленія въ природѣ стремятся къ выравниванію . . . . .	25
X. Разсѣяніе энергіи — Интенсивность и экстенсивность ея — Не- полная обратимость — Изнашиваніе . . . . .	28
XI. Энтропія есть степень разсѣянія энергіи . . . . .	33
XII. Слѣдствія энтропіи . . . . .	36
Примѣчанія . . . . .	38
Литература . . . . .	49



## 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.*



## 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 отысканіе вѣчнаго механическаго движенія есть химера, но мы не колебались



бы подумать, будь въ то время динамо-машина орудіе промышленности, что могло бы оказаться выгоднымъ замѣнить печь паровика спиралью, черезъ которую проходилъ 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 носитъ 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 Грэмма 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 поидетъ, 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 энергіи 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 отдѣльныхъ 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 безконечно малыхъ 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 спеціалистами, 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 привалъ всюду, откуда взгляды 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 изслѣдова-



ніемъ 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.

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

До сихъ поръ я говорилъ объ энергіи. Попытка Ауэрбаха изложить начало ея 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 Сади-Карно 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, выяснитъ, 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.

Щ. Э. Тильомъ.



# I.

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 энергіи, какъ говорятъ теперь, пользуясь болѣе цѣлесообразной терминологіей. Надъ всѣмъ, что совершается въ безпредѣльномъ пространствѣ, въ потокѣ переходящаго времени, властвуетъ энергія, какъ богиня, какъ царица,—здѣсь даря, тамъ отнимая, а въ общемъ не даря и не отнимая. Она властвуетъ со строгой справедливостью, безпристрастно озаряя своимъ спокойнымъ, вѣчно равнымъ 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 называется, 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 на-



двигается 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, вникнуть глубже въ ихъ дѣятельность, въ какой бы области мы ни работали, къ какимъ бы идеаламъ мы не стремились? Мы будемъ пользоваться для этого не микроскопомъ спеціалиста, 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 отъ него было 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 также 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 предва-



рительную 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 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, или, 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 происходитъ обмѣнъ вещества, и въ этомъ смыслѣ говорятъ о „матеріально неполныхъ“ системахъ и о „матеріально полныхъ“. Такимъ образомъ, нашъ законъ гласитъ, что масса всякой матеріально полной системы остается неизмѣнной <sup>1)</sup>.

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 <sup>2)</sup>). Если, на примѣръ, тѣло горитъ, — быстро ли, образуя пламя, или медленно, какъ желѣзо, когда оно ржавѣетъ, — оно не теряетъ своего вещества, какъ думали раньше, а наоборотъ, взвѣсивая его, мы видимъ, что оно прибавилось въ массѣ; и при болѣе глубокомъ изслѣдованіи мы убѣждаемся, что это прибавленіе происходитъ отъ кислорода, что этотъ кислородъ взятъ 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 <sup>3)</sup>). Законъ сохраненія вещества сдѣлался, такимъ образомъ, фундаментомъ для цѣлой науки — химіи, и лишь съ созданіемъ этого фундамента, съ введеніемъ вѣсовъ Лавуазье (Lavoisier), химія заслужила названіе 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!<sup>4)</sup>

Но несмотря на все это, несмотря на всѣ триумфы нашего закона, мы должны помнить, что увѣренность и осторожность — признаки истинной мудрости, и потому не станемъ расширять рамки нашего закона еще больше, чѣмъ это уже сдѣлано. Мы будемъ его придерживаться настолько и до тѣхъ поръ, пока онъ примѣнимъ; когда же намъ всѣмъ встрѣтится событіе, противоположащее этому закону, мы сложимъ оружіе и скажемъ: здѣсь предѣлъ естествознанія. Грандіознѣйшее событіе такого рода вспоминается 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, чтобы не оттолкнуть отъ себя окончательно тѣхъ, кто не хочетъ отка-



заться отъ мысли о сотвореніи міра, онъ имъ скажетъ: хорошо, вѣрьте сотворенію міра, оно относится къ области внѣ вашего закона; вѣрьте также чудесамъ, въ которыхъ вещество создается и уничтожается; такіа чудеса означаютъ собою перерывъ въ естественномъ теченіи событій и относятся къ другой области, не касающейся естественнаго познанія; но, помимо этого, въ ограниченной такимъ образомъ области естественнонаучнаго познанія нѣтъ ничего такого, о чемъ бы мы расходились во мнѣніяхъ, что бы мѣшало намъ идти подъ однимъ знаменемъ — знаменемъ закона сохранения вещества.

### III.

Является ли законъ сохранения 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 существуетъ физика и астрономія, минералогія и геологія, ботаника и зоологія? Развѣ къ естествознанію не принадлежатъ науки о землѣ и человѣкѣ — 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 простаго описанія и является настоящей и точной наукой, все это представляетъ собой также не что иное, какъ 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 тою 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 ствѣтить 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? <sup>5)</sup>

Что же представляетъ собой физика, и въ какомъ отношеніи стоитъ она къ 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 <sup>6)</sup>. Подобно тому, какъ въ природѣ мы находимъ золото и серебро, воду и воздухъ, хлорофилъ и бѣлокъ, точно также существуютъ силы, производящія движеніе, давленіе, нагрѣваніе, свѣченіе, силы электрическія 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 физическія связаны съ вещественнымъ міромъ; но въ первомъ случаѣ нашъ интересъ направленъ на вещественныя измѣненія, во второмъ—на силовыя явленія <sup>7)</sup>.

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 столѣтій. Но за это время мы научились быть болѣе точными въ формальномъ отношеніи и потому предпочитаемъ выяснить вполне опредѣленно смыслъ такого важнаго выраже-



нія, 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 реального 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 неосязуемо.

Существуетъ ли вообще что-либо столь же реальное, какъ вещество? По какимъ причинамъ 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 возразитъ, примѣръ, взятый изъ обыденной жизни, изъ банальной дѣйствительности, и значеніе котораго каждый неизбѣжно 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 случаяхъ стоящая гораздо больше, чѣмъ тотъ матеріалъ, къ которому она прила-



гается. 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, напри- мѣръ, при 9-часовомъ рабочемъ днѣ вырабатывалось 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, — напри- мѣръ, 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 Іоакимомъ. 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 произведение поднятаго вѣса на высоту подъема, вообще же говоря — произведение силы на пройденный путь. Значить, рабочій, подымая 10 кирпичей вмѣсто одного, производить 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.

Итакъ, работа — это поднятіе тяжести на большую высоту въ буквальномъ или переносномъ смыслѣ слова. Въ буквальномъ — у рабочаго, въ переносномъ — у учителя, которому приходится преодолевать противодействующую 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 противодействующей массы, т. е. малоспособности ученика. Болѣе полной и наглядной аналогіи между чисто физическимъ и чисто духовнымъ явленіемъ нельзя и желать <sup>8)</sup>.

#### 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



название, и въ виду классическаго и международнаго характера современной науки совершенно понятно и цѣлесообразно, что это название взято изъ греческаго языка; правда, въ другомъ смыслѣ оно уже давно перешло въ современную рѣчь. Мировой запасъ работы называютъ энергіей міра, а запасъ работы, имѣющейся въ отдѣльной части міра, напримѣръ, въ какомъ-нибудь тѣлѣ, — энергіей этого тѣла<sup>9)</sup>.

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 и физика есть наука о превращеніяхъ энергіи<sup>10)</sup>.

Выраженіе: „въ такомъ-то тѣлѣ заключается энергія“ не слѣдуетъ понимать отвлеченно, а, наоборотъ, совершенно 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 дѣйствію на чувство осязанія, напримѣръ, по тому, что при ощупываніи оно оказываетъ извѣстное сопротивленіе моимъ пальцамъ, а также — и это еще важнѣе — по своему дѣйствію 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 не реальны. Слѣдовательно, энергія есть нѣчто реальное, съ чѣмъ мы можемъ обращаться, какъ съ веществомъ, что мы можемъ покупать и продавать, накапливать и расточать<sup>11)</sup>, 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 кислородную, хлѣбъ и книги. Къ сожалѣнію, аналогичнаго инструмента для энергіи нѣтъ, нѣтъ общихъ вѣсовъ для различныхъ видовъ ея, и врядъ ли можно и разсчитывать, чтобы когда-либо удалось построить такой инструментъ. Въ принципѣ это не лишено возможности, такъ какъ всѣ виды энергіи между собою, такъ сказать, родственны; но дѣйствительное осуществленіе этого очень невѣроятно. Такимъ образомъ, для каждаго вида энергіи мы употребляемъ особые измѣрительные приборы: механическая энергія измѣряется динамометромъ и другими, хорошо извѣстными техникой, 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 алю-



миніевой проволоки); говоря точнѣе, эргъ приблизительно на 2 процента больше этой работы <sup>12)</sup>. 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! <sup>13)</sup>

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 миллионной 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 массѣ отвѣчаетъ сила въ два раза, двойной же скорости — въ четыре раза бѣльшая (тройной скорости — уже въ девять разъ бѣльшая 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, на примѣръ, взявъ сначала одно ядро, а затѣмъ другое, въ четыре раза легче, можно получить со вторымъ то же дѣйствіе, если только сообщить ему двойную скорость<sup>14</sup>). 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, на примѣръ, 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. Напряжение шара дѣлается все меньше, скорость его все больше<sup>15</sup>).

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 тех-



ники, 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 разнообразнѣе, 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 <sup>16)</sup>.

## 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 за то пріобрѣтаетъ 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 несправедливъ: механическая энергія на самомъ дѣлѣ потерялась. Но отъ такихъ потерь при-



рода 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 притомъ весьма различнымъ образомъ. Такъ, ударъ шара можетъ сжать землю и вызвать въ ней состояніе напряженія; вслѣдствіе этого земля сама пріобрѣтаетъ 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 воззрѣній, господствовавшихъ сто лѣтъ тому назадъ, и мы найдемъ, что въ области, гдѣ развитие 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 образованіе 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 формаціи, 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 приобрѣтеннаго, и познанія, которое еще предстоитъ себѣ усвоить. Когда мы уже знаемъ, что гусеница, куколка и мотылекъ принадлежатъ 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 проникаемость.

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 все 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  $4^0$  до  $5^0$  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 килограмметровъ эквивалентны одной большой калоріи, или же 42 милліона эрговъ эквивалентны одной грамм-калоріи. Это число носить названіе рабочаго или механическаго эквивалентна тепла, или просто теплого 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 <sup>17)</sup>.

## 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 кристаллизація — 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 есте-



ственнонаучнаго 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 непремѣнно должны быть родственниками, тогда какъ на самомъ дѣлѣ даже вѣроятность этого ничтожна. Новая идея, предъявляя совсѣмъ иныя 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 долженъ охватить, взятый лишь въ болѣе широкихъ рамкахъ, тотъ самый законъ, съ которымъ мы познакомились въ тѣсныхъ рамкахъ процессовъ движенія подъ именемъ закона сохраненія 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 сохраненія 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 ледникъ, напримѣръ, представляетъ собой попытку, хотя и чрезвычайно несовершенную, создать „адиабатическую“ систему для одного изъ видовъ энергіи — 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 энергіи; сама по себѣ какая нибудь система можетъ, напимѣръ, терять энергію; тогда дополняющая система будетъ столько же выигрывать, и энергія всей этой полной системы будетъ оставаться постоянной.

Постоянна — повторимъ еще разъ — лишь общая сумма всей энергіи въ замкнутой системѣ, а не количество теплоты, напимѣръ, или количество электрической энергіи, 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 энергіи служить при этомъ для физика настоящей путеводной звѣздой, охраняющей его отъ заблужденій и открывающей ему новые пути. Гдѣ бы ни совершались превращенія энергіи, въ природѣ ли, въ лабораторіи или на заводѣ, сумма энергіи остается неизмѣнной, если только всѣ ея проявленія свести на одну и ту же мѣру<sup>18)</sup>; а тамъ, гдѣ „анализъ“ (который вполне 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 mobile*. Вѣдь 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. саму 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 впоследствии 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 навѣки 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 глубокій мыслитель; онъ, правда, высказывалъ только утвержденія и предположенія и не давалъ строгихъ доказательствъ; но и Сократъ, въ сущности, ограничивался утвержденіями и постулатами, что вовсе не умаляетъ его величія. Швабскій врачъ Р. Майеръ (*Robert Mayer*) изъ Гейльбронна, 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,



была бы невозможна безъ твореній Майера. Къ нему примыкаетъ англійскій физикъ и техникъ Джауль (Joule), который, обладая тѣмъ, чего не доставало 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 другую 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 вполне, наступила эпоха его преувеличенной оцѣнки. Много разъ высказывалась мысль, что онъ представляетъ собою панацею всѣхъ недочетовъ естествознанія; его признавали чуть ли не един-



ственнымъ 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 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, 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. Если бы, 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, если бы 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 носитъ только отрицательный характеръ, утверждая, что при всѣхъ измѣненіяхъ въ природѣ самыя количества вещества и энергія остаются неизмѣнными<sup>20)</sup>. 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 если бы 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 совершиться вопреки его требованіямъ; но это не значитъ, 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 чѣмънибудь 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 нагрѣваться либо охлаждаться; находящійся въ соляномъ растворѣ кристаллъ можетъ либо уменьшаться вслѣдствіе растворенія, либо увеличиваться путемъ наростанія, болѣзнь можетъ оканчиваться либо выздоровленіемъ либо смертью. 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 тѣлъ и возьмемъ для примѣра тѣ движенія, которыя мы приписываемъ силѣ тяжести, т. е. силѣ притяженія, предполагаемой внутри земли. Эти движенія называютъ паденіемъ, и это названіе включаетъ уже въ себѣ тенденцію. «Все падаетъ внизъ, а не вверхъ», скажетъ всякій. Всѣ воды въ природѣ текутъ по долинѣ внизъ и при этомъ влекутъ еще съ собой твердыя частицы, которыя осаждаются ими ниже, на примѣръ, въ устьяхъ рѣкъ; каждая лавина и каждый горный обвалъ переносятъ 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 матеріаль 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 напряженія, 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 стануть намъ еще яснѣй, если мы воспользуемся 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.

## Х.

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  $5^0$  въ ваннѣ и  $95^0$  въ стаканѣ, то теперь температура будетъ, можетъ быть,  $6^0$ . Согласно принципу сохраненія, при этомъ процессѣ смѣшенія общее количество тепловой энергіи осталось неизмѣннымъ: теперь въ ваннѣ столько же эрговъ, сколько ихъ было 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 собой 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-ью безразлично, составляется ли оно изъ  $1 \times 12$  или  $2 \times 6$  или  $3 \times 4$ ; 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 маловажно, въ сколькихъ экземплярахъ она печатается, такъ какъ значительно бѣльшая часть расходовъ падаетъ на гонораръ, наборъ, общіе расходы и т. д. Расходы изданія могутъ быть покрыты очень различнымъ образомъ, на примѣръ, продажей 100 экземпляровъ книги по 30 рублей или 300 по 10 или 1000 по 3 рубля; однимъ множителемъ является цѣна книги, другимъ число покупателей. Книги, которыя могутъ разсчитывать 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 опыгѣ 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 такъ же, какъ число 12, можетъ быть разложена различнымъ образомъ, и неизвѣстно, какому разложенію слѣдуетъ отдать предпочтеніе <sup>21)</sup>. 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. Разсѣяніе энергіи совершается само собою, накопленіе же ея вынуждено, и потому должно быть оплачено, а произвести его и оплатить можно лишь разсѣяніемъ 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 незачѣмъ даже прибѣгать къ явленіямъ высшаго порядка, какъ, напримѣръ, къ жизненному процессу, а можно удовольствоваться гораздо болѣе простыми. Вспомнимъ хотя бы нашъ примѣръ съ теплотою водой въ ваннѣ: никто не въ состояніи 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 легко, 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 назадъ и впередъ. Но нѣкоторыя, связанныя съ движеніемъ поршня, побочныя явленія не обращаются; такъ напримѣръ, изнашиваніе матеріала при движеніи поршня назадъ и впередъ не уравнивается, а, напротивъ, суммируется, т. е. частички, стертыя 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 забираетъ 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, происходящiе въ паровой машинѣ) мы и перейдемъ теперь.

Паровая машина имѣетъ назначенiе превращать тепловое напряженiе водяного пара въ движенiе, т. е. въ работу. Это превращенiе совершается согласно принципу сохраненiя энергiи, — энергiя при этомъ не теряется и не выигрывается. Но если кто-нибудь пойметъ это такъ, что машина производитъ количество работы, эквивалентное количеству теплоты, т. е. 428 килограмметровъ на каждую калорiю, то факты сильно разочаруютъ его. Машина даетъ работы гораздо меньше, и возникаетъ вопросъ: куда же дѣвается остальная энергiя? Мы уже достаточно подготовлены къ отвѣту на этотъ вопросъ: остальная энергiя разсѣялась. Часть ея перешла въ матеріалъ машины, нагрѣла его, износила и т. д., опять та же исторiя съ необратимостью побочныхъ явленiй. Но даже если оставить это въ сторонѣ и разсматривать дѣйствiе машины, какъ процессъ обратимый, то все же еще получается остатокъ и притомъ очень значительный, который не превращается въ работу, но теряется въ видѣ незначительнаго конденсатора, или холодильника, или — тамъ, гдѣ послѣдняго нѣтъ, — уходитъ на нагрѣванiе воздуха, играющаго тогда роль холодильника. Можно строго доказать, что ни одна тепловая машина не можетъ работать безъ холодильника, съ однимъ только котломъ. Часть энергiи котла превращается въ работу, другая же часть уходитъ въ видѣ малоинтенсивнаго нагрѣванiя 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 энергiи, которую она превращаетъ въ работу, называютъ ея полезнымъ дѣйствiемъ, остальную можно назвать степенью разсѣянiя. Податей никто не платитъ особенно охотно, и потому уже давно стали пытаться замѣнить паровую силу какой-нибудь другой съ болѣе благоприятнымъ полезнымъ дѣйствiемъ — отчасти успѣшно, а отчасти еще безуспѣшно. Но что для васъ и въ принципѣ главное, это то, что полезное дѣйствiе никогда не можетъ достигнуть полныхъ ста процентовъ. Разсѣянiе энергiи и здѣсь неизбѣжно <sup>22</sup>).



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“. Названіе 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 Клау-



зіусомъ понятіє, энтропіей. Мы приходимъ тогда къ слѣдующему положенію всеобъемлющаго значенія: энтропія въ общемъ непрерывно возрастаетъ, или: энтропія стремится къ максимуму<sup>23</sup>).

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 коэффиціенту экстенсивности, а коэффиціенту интенсивности энергіи, для чего могъ бы служить подходящий терминъ „эктропія“ (обра-



щеніе во-внѣ). Нашъ принципъ гласилъ бы тогда: эктропія міра стремится къ минимуму. Неблагопріятная тенденція мірового процесса была бы тогда выражена ясно и положительно <sup>24)</sup>.

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, на примѣръ, 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 возвратить камню его живой силы. Это совершенно аналогично тому, какъ если бы 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 восстановишь — 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 вездѣ, въ которомъ сохраненіе идетъ рука объ руку съ измѣненіемъ 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 цѣнно-



стей 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 обезцѣнivanію. Обезцѣнivanіе 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 обращенію<sup>25)</sup>. 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 интересуетъ — съ движеніемъ и жизнью вселенной?

Энергія остается постоянной, энтропія растетъ. Солнце свѣтитъ, но тѣни становятся все длиннѣе. Всюду разсѣяніе, выравниваніе, обезцѣнivanіе. Уголь сгораетъ въ золу, изъ которой



никогда не создается вновь уголь; горы обваливаются и не вырастают снова; источники теплоты излучают ее и не могут вернуть потерянной теплоты обратно. Не долженъ ли наступить моментъ, когда все будетъ энтропией, а эктропия 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 интенсивнѣй 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 <sup>26)</sup>, 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 благословіями царицы міра, не смущаясь ея постоянно удлиняющейся тѣнью <sup>27)</sup>.



## Примѣчанія.

1) Единственная дѣйствительно полная система есть вселенная; всѣ ограниченныя системы лишь приблизительно полны. Что шкапъ, 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 такъ же 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 усилій. 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, если бы 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 перемѣнная, 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 горахъ — нѣсколько меньше. Та-кимъ 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, носить одно и то же названіе грамма ( $g$ ); по-



этому, — 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 граммамъ-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 (Heidweiller). 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 участвующія 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 тяжелѣе, чѣмъ азотъ, приготовленный изъ химическихъ соединеній; 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 названіе аргона (a-argon — 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) Многіе 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 возбудить принципиальнаго вопроса о томъ, насколько, въ концѣ концовъ, математика носитъ формальный характеръ, а естествознание — конкретный. Именно объ этомъ въ послѣднее время идетъ сильный споръ, затрагивающій, съ одной стороны, основныя понятія ариѳметики, 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  $K$ , — напримѣръ, 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 Юпитеръ 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 большій интересъ привлекаютъ 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 имѣютъ 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 гиру, 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 гири, если бы ее не поддерживать, упала бы, благодаря своей тяжести, на землю, и что ей такимъ образомъ мѣшаютъ падать на извѣстное растояніе; 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 предствленіе не есть чисто отвлеченное; дѣйствительно, мы, какъ извѣстно, держимъ гири не вполнѣ неподвижно, а постоянно то немного опускаемъ ее внизъ, то опять поднимаемъ; вначалѣ эти колебанія ничтожны, но по истеченіи нѣкотораго времени они становятся все больше по мѣрѣ того, какъ усиливается утомленіе и требуемое для поддержанія гири мускульное напряженіе.

<sup>9)</sup> 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 вполнѣ точно, и потому можетъ быть здѣсь опущено.

<sup>10)</sup> 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).

<sup>11)</sup> Выражаясь еще конкретнѣе, можно прибавить: похищеніе чего наказуется. 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 безплатно то, за что честный человѣкъ (напримѣръ, абонентъ электрической станціи) платитъ деньги, то, очевидно, что 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 «реальная».

<sup>12)</sup> 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 сравненіи съ эргомъ 1) въ 100 разъ больше, такъ какъ 1 метръ = 100 см.; 2) въ 1000 разъ больше, такъ какъ 1 килограммъ = 1000 гр.; 3) въ 981 разъ больше, такъ какъ 1 граммъ-вѣсъ заключаетъ въ себѣ 981 граммъ-массу; слѣдовательно:

$$1 \text{ килограмметр} = 98.1 \text{ миллион} \text{ эргов}.$$

При поднятіи вѣса 1 грамма на 1 см. производится уже работа 981 эрга; для того, чтобы произвести работу только 1 эрга, нужно поднять  $\frac{1}{981}$  грамма или, круглымъ счетомъ, 1 миллиграммъ (точнѣе, на 2% 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-эргомъ 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 употребившейся 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, если бы тѣло до конца секунды сохранило нулевую скорость; онъ былъ бы равенъ  $v$ , если бы 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. интеграль 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 медленнѣй 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 благоприятномъ для насъ смыслѣ лишь оба фактора работы, но не самую работу.

17) Въ литературѣ мы часто встрѣчаемъ положенія: теплота — не вещество, а движеніе. Такой способъ выраженія выпускаетъ изъ цѣпи заключеній главный членъ и смѣшиваетъ существенное съ тѣмъ, что здѣсь, по крайней мѣрѣ, не существенно. 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 ргіогі 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 совершенно точнымъ уже для газовъ, то для остальныхъ веществъ, въ которыхъ потенциальная энергія играетъ, во всякомъ случаѣ, гораздо болѣшую роль, она совершенно непріемлема.

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. Электрической 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 приобрѣсти 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 измѣряется «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, при чемъ эти величины (въ видахъ удобства) въ 10 миллионъ разъ больше эрга. Килоуаттъ-часъ равенъ тогда, какъ мы видѣли, 36 билліонамъ эрговъ, и съ этой точки зрѣнія, измѣрять электрическую энергію килоуаттъ-часами, можно сказать, что рабочій 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 амиацетатова лампа (опредѣленнаго типа) испускаетъ на пло-



щадь 1 квадр. сантиметра, отстоящую отъ нея на 1 метръ, свѣтовой энергіи около 15 эрговъ въ секунду.

19) Если бы 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 являющийся 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. 5 и 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  $-273^\circ$  Цельзія, такъ что абсолютная температура какого-нибудь тѣла получается, если прибавить  $273^\circ$  къ его обыкновенной температурѣ, измѣренной въ градусахъ Цельсія

\*) Ср. проф. *Перри. Вращающійся волчокъ.* Одесса, Матезисъ, 2-е изд. 1908.



отъ точки замерзанія воды. Упомянутое замѣчательное соотношеніе состоитъ въ томъ, что полезное дѣйствіе и степень разсѣянія тепловой машины, обратимость которой совершенна, зависитъ 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  $W$ , какъ абсолютная температура холодильника  $t$  къ абсолютной температурѣ котла  $T$ , т. е.

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

Если же работа машины не вполнѣ 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.

<sup>23)</sup> 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 — это 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 обмѣнѣ съ окружающей средой, можно разсматривать, какъ машину, болѣе нагрѣтыя части его поверхности — какъ котель, болѣе холодныя — какъ холодильникъ; въ ком-



натѣ, на примѣръ, эту роль играли бы печи и окна; въ такомъ случаѣ можно написать, что ( $\Sigma$  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.

<sup>24)</sup> 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.

<sup>25)</sup> 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 движеніе 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.



<sup>26)</sup> 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.

<sup>27)</sup> Не легко составить себѣ опредѣленные представленія о характерѣ конечнаго состоянія, которое должно когда-нибудь наступить; нѣкоторыя изъ такихъ представленій навѣрное ошибочны. Такъ, напримеръ, 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 представляетъ 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.

---



## Литература.

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-е и 2-е изд.). 3 тома. Брауншвейгъ.

Dürring. — Kritische Geschichte der Principien 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 Principien der Mechanik, historisch-kritisch entwickelt (4-ое изд.). Лейпцигъ 1901.



Mach. — Die Principien 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, №№ 227 и 228).

Planck. — Das Princip 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.

Zwenger. — Die lebendige Kraft und ihr Maass. Мюнхенъ 1885.



# МАТЕЗИСЪ

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

Одесса, Новосельская 66.

## Вышли въ свѣтъ слѣдующія изданія:

**АРРЕНИУСЪ, СВ.** проф. *Физика неба* \*). Перев. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *А. Р. Орбинскаго*. VIII+250 стр. 8°. 66 черн. и 2 цвѣтн. рис. въ текстѣ. Черная и спектральная таблицы. 1905. Ц. Р. 2—

Научность содержанія, ясность и простота изложенія и превосходный переводъ соперничаютъ другъ съ другомъ. *Русская Мысль*.

**АБРАГАМЪ, Г.** проф. *Сборникъ элементарныхъ опытовъ по физикѣ* \*). Перев. съ франц. подъ ред. прив.-доц. *Б. П. Вейнберга*.

Часть I: XVI+272 стр. 8°. Свыше 300 рис. 2-е изд. 1909. Ц. Р. 1. 50 к. Систематически составленный сводъ наиболѣе удачныхъ, типичныхъ и поучительныхъ опытовъ. *Вѣстникъ и Библіотека Самообразования*.

Часть II: 434+LXXV стр. 8°. Свыше 400 рис. 2-е изд. 1910. Ц. Р. 2. 75 к. Мы надѣемся, что разбираемый трудъ станетъ настольной книгой каждой физической лабораторіи въ Россіи. *Русская Мысль*.

**УСПѢХИ ФИЗИКИ** \*). Сборникъ статей подъ ред. „*Вѣстника Опытной Физики и Элементарной Математики*“, 3-е изданіе. VIII+148 стр. 8°. Съ 41 рис. и 2 таблицами 1910. Ц. Р. 75 к.

Нужно надѣяться, что послѣднее... послужитъ къ широкому распространенію этой чрезвычайно интересной книги. *Русская Мысль*.

**АУЭРБАХЪ, Ф.** проф. *Царица міра и ея тѣнь* \*). Общедоступное изложеніе основаній ученія объ энергіи и энтропіи. Пер. съ нѣм. VIII+50 стр. 8°. 5-е изданіе. 1911. Ц. 40 к.

Слѣдуетъ признать брошюру Ауэрбаха чрезвычайно интересн. *Ж. М. Н. Пр.*

**НЬЮКОМЪ, С.** проф. *Астрономія для всѣхъ* \*). Перев. съ англ. подъ ред. прив.-доц. *А. Р. Орбинскаго*. XXIV+286 стр. 8°. Съ портретомъ автора 64 рис. и 1 табл. 1905. Печатается 2-е изданіе Ц. Р. 1. 50 к. И вполне научно, и совершенно доступно, и изящно написанная книга... переведена и издана очень хорошо. *Вѣстникъ Воспитанія*.

**ВЕБЕРЪ, Г. и ВЕЛЬШТЕИНЪ, І.** проф. *Энциклопедія элементарной алгебры* \*). Т. I. Перев. съ нѣм. подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. *В. Ф. Кагана*. XIV+623 стр. 8°. Съ 38 чер. 1907. Печатается 2-е изданіе. Ц. Р. 3. 50 к.

Вы все время видите передъ собой мастера своего дѣла, который съ любовью показываетъ великія творенія человѣческой мысли, извѣстныя ему до тончайшихъ подробностей. *Педагогическій Сборникъ*.

**ДЕЕКЕНДЪ, Р.** проф. *Непрерывность и ирраціональные числа*. Переводъ съ нѣм. съ примѣч. прив.-доц. *С. О. Шатунговскаго*; съ присоединеніемъ его статьи: *Доказательство существованія трансцендентныхъ чиселъ*. 2-е изданіе. 40 стр. 8°. 1909. Ц. 40 к.

Небольшой по объему, но, такъ сказать, законодательный по содержанію трудъ... *Русская Школа*.

**ПЕРРИ, ДЖ.** проф. *Вращающийся волчокъ* \*). Публичная лекція. Пер. съ англ. VIII+96 стр. 8°. Съ 63 рис. 2-е изданіе. 1908. Ц. 60 к. Книжка, вообщю показывающая, какъ люди истиннаго знанія, не цеховой только науки, умѣютъ распоряжаться научнымъ матеріаломъ при его популяризаціи. *Русская Школа*. *С. Шохоръ-Троцкий*.

**ВИХЕРТЪ, Э.** проф. *Введеніе въ геодезію* \*). Перев. съ нѣмецк. 80 стр. 16°. Съ 14 рисунк. 1907. Ц. 35 к. Излагаетъ основы низшей геодезіи, имѣя въ виду пользованіе ею въ

\*) Изданія, отмѣченныя звѣздочкой, Учен. Ком. Мин. Нар. Пр. признаны заслуживающими вниманія при пополненіи ученихъ библіотекъ средн. учебн. завед.



школъ въ качествѣ практическаго пособія... Изложеніе очень сжато, но полно и послѣдовательно. *Вопросы Физики.*

**ШЕЙДЪ, К.** Химическіе опыты для юношества. Перев. съ нѣмецк. подъ ред. лаборанта Е. С. Ельчанинова. IV+192 стр. 8°. Съ 79 рисунками. 1907. Ц. Р. 1. 20 к.

Преросходная книга, какой намъ давно не хватало. Всюду въ книгѣ сохраняешь благотворное чувство, что находишься въ совершенно надежныхъ рукахъ... учить серьезной наукѣ въ болѣ легкой формѣ.

*Zeitschrift für Lehrmittelwesen und pädagogische Litteratur.*

**ШМИДЪ, Б.** проф. Философская хрестоматія \*). Перев. съ нѣмецк. Ю. А. Говсѣва подъ ред. и съ пред. проф. Н. Н. Ланге. VIII+172 стр. 8° 1907. Ц. Р. 1. —

...Для человѣка, занятаго самообразованіемъ и немного знакомаго съ философій и наукой, она (книга) даетъ разнообразный и интересный матеріалъ. *Вопросы философіи и психологii.*

**ТРОМГОЛЬТЪ, С.** Игры со спичками. Задачи и развлеченія. Пер. съ нѣм. 146 стр. 16°. Свыше 250 рис. и черт. 1907. Ц. 50 к.

**ВЕТГЭМЪ, В.** проф. Современное развитіе физики \*). Пер. съ англ. подъ ред. проф. Б. П. Вейнберга и прив.-доц. А. Р. Орбинскаго. Съ прилож. рѣчи А. Бальфура: Нѣсколько мыслей о новой теоріи вещества. VIII+319 стр. 8°. Съ 5 портрет., 6 таблиц. и 33 рис. Ц. Р. 2. —

Старается представить въ стройной и глубокой системѣ всѣ явленія физическаго опыта и рисуетъ читателю дѣйствительно захватывающую картину грандіозныхъ завоеваній человѣческаго генія. *Современный Мiръ.*

**УШИНСКИЙ, Н.** проф. Лекціи по бактеріологіи. VIII+135 стр. 8°. Съ 34 черными и цвѣтными рисунками. 1908. Ц. Р. 1. 50 к.

**РИГИ, А.** проф. Современная теорія физическихъ явленій \*) (іоны, электроны, радиоактивность). Пер. съ 3 итальянск. изданія. VIII+146 стр. 8°. Съ 21 рис. 1910. Второе изданіе. Ц. 90 к.

Книгу Риги можно смѣло рекомендовать образованному человѣку, какъ лучшее имѣющееся у насъ изложеніе новѣйшихъ взглядовъ на обширную область физическихъ явленій. *Педагогическій Сборникъ.*

**КЛОССОВСКИЙ, А.** проф. Физическая жизнь нашей планеты на основаніи современныхъ воззрѣній \*). 46 стр. 8°. 2-е изданіе, испр. и дополн. 1908. Ц. 40 к.

Рѣдко можно встрѣтить изложеніе, въ которомъ въ такой степени соединялась бы высокая научная эрудиція съ картинностью и увлекательностью рѣчи. *Педагогическій Сборникъ.*

**ЛАКУРЪ, П. и АППЕЛЬ, Я.** Историческая физика \*). Перев. съ нѣм. подъ ред. „Вѣстн. Опытн. Физики и Элементарн. Матем.“. Въ 2-хъ томахъ большаго формата, 892 стр. Съ 799 рис. и 6 отдѣльными цвѣтными таблицами. 1908. Ц. Р. 7. 50 к.

«Нельзя не привѣтствовать этого интереснаго изданія... Книга читается легко; содержитъ весьма удачно подобранный матеріалъ и обильно снабжена хорошо выполненными рисунками. Переводъ никакихъ замѣчаній не вызываетъ»... *Ж. М. Н. Пр.*

**АРРЕНИУСЪ, Св.** проф. Образованіе міровъ \*). Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. К. Д. Покровскаго. VIII+200 стр. 8°. Съ 60 рис. 1908. Ц. Р. 1. 75 к. Книга чрезвычайно интересна и богата содержаніемъ. *Педагог. Сборн.*

**КАГАНЪ, В.** прив.-доц. Задача обоснованія геометрій въ современной постановкѣ. Рѣчь, произнесенная при защитѣ диссертациі на степень магистра чистой математики. 35 стр. 8°. Съ 11 чертеж. 1908. Ц. 35 к.

**ЦИММЕРМАНЪ, В.** проф. Объемъ шара, шароваго сегмента и шароваго слоя. 34 стр. 16°. Съ 6 черт. 1908. Ц. 25 к.

Распространеніе подобнаго рода элементарныхъ монографій среди учащихся весьма желательно. *Русская Школа.*



**РИГИ, А.** проф. **Электрическая природа матеріи \*)** Вступительная лекція. Перев. съ итальянскаго подъ ред. „Вѣстн. Опытн. Физ. и Элем. Матем.“. 28 стр. 8°. 2-е изданіе. 1911. Ц. 30 к.

Эта прекрасная рѣчь обладаетъ всѣми преимуществами многочисленныхъ популярныхъ сочиненій знаменитаго проф. Болоньскаго унив. Ж. М. Н. Пр.

**ЛЕМАНЪ, О.** проф. **Жидкіе кристаллы и теоріи жизни.** Пер. съ нѣм. П. В. Казанецкаго. VIII+43 стр. 8. Съ 30 рис. 1908. Ц. 40 к.  
.....весьма кстати является краткая сводка главныхъ фактовъ, сдѣланная проф. Покарони. Педагогическій Сборникъ.

**ГЕИБЕРТЪ, А.** проф. **Новое сочиненіе Архимеда \*)**. Посланіе Архимеда къ Эратосѣну о нѣкоторыхъ вопросахъ механики. Перев. съ нѣм. подъ ред. и съ предисл. прив.-доц. И. Ю. Тимченко. XV+27 стр. 8°. Съ 15 рис. 1909. Ц. 40 к.

Математикамъ... будетъ весьма интересно познакомиться съ новой драгоценной научной находкой... Образованіе.

**ВЕЙНБЕРГЪ, Б. П.** проф. **Снѣгъ, иней, градъ, ледъ и ледники \*)**. IV+127 стр. 8°. Съ 138 рис. и 2 фототип табл. 1909 Ц. Р. 1.  
«Mathesis» можетъ гордиться этимъ изданіемъ. Ж. М. Н. Пр.

**КОВАЛЕВСКИЙ, Г.** проф. **Введеніе въ исчисленіе безконечно-малыхъ \*)**. Перев. съ нѣмецк. подъ редакц. и съ прим. прив.-доц. С. О Шатуновскаго. VIII+140 стр. 8°. Съ 18 черт. 1909. Ц. Р. 1.  
Книга проф. Ковалевскаго, несомнѣнно, прекрасное введеніе въ высшій анализъ... Русская Школа.

**ТОМПСОНЪ, СИЛЬВАНУСЪ,** проф. **Добываніе свѣта \*)** Общедоступная лекція для рабочихъ, прочит. на собраніи Британск. Ассоціаціи 1906. Перев. съ англ. VIII+88 стр. 16°. Съ 28 рис. 1909. Ц. 50 к.  
Въ этой весьма интересно составленной рѣчи собранъ богатый матеріалъ по вопросу добыванія свѣта Ж. М. Н. Пр.

**СЛАБИ, А.** проф. **Резонансъ и затуханіе электрическихъ волнъ.** Пер. съ нѣм. подъ ред. „Вѣстн. Опытн. Физ. и Элем. Матем.“. 41 стр. 8°. Съ 36 рис. Ц. 40 к.

**СНАЙДЕРЪ, К.** проф. **Картина міра въ свѣтѣ современнаго естествознанія.** Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. В. В. Завьялова. VIII+193 стр. 8°. Съ 16 отдѣльными портретами. 1909. Ц. Р. 1. 50 к.  
Книга касается интереснѣйшихъ вопросовъ о природѣ. Педагог. Сборникъ.

**РАМЗАЙ, В.** проф. **Благородные и радиоактивные газы.** Пер. подъ ред. „Вѣстн. Оп. Физ. и Элем. Мат.“. 37 стр. 16°. Съ 16 рис. 1909. Ц. 25 к.

**БРУНИ, К.** проф. **Твердые растворы \*)**. Пер. съ итал. подъ ред. „Вѣстн. Оп. Физ. и Эл. Мат.“. 37 стр. 16° 1909. Ц. 25 к.

**БОЛЛЪ, Р. С.** проф. **Вѣка и приливы.** Пер. съ англ. подъ ред. прив.-доц. А. Р. Орбинскаго. 104 стр. 8°. Съ 4 рис. и 1 табл. 1909. Ц. 75 к.  
.....настоящее изданіе «Mathesis» слѣдуетъ привѣтствовать наравнѣ съ прочими, какъ почтенный, заслуживающій распространенія и серьезнаго вниманія, вклучъ въ русскую науку. Русская Школа.

**СЛАБИ, А.** проф. **Безпроводочный телефонъ.** Пер. съ нѣм. подъ ред. „Вѣстн. Оп. Физ. и Эл. Мат.“. 28 стр. 8°. Съ 23 рис. 1909. Ц. 30 к.

**ЛИНДЕМАНЪ, Ф.** проф. **Спектръ и форма атомовъ.** Рѣчь ректора Мюнхенскаго университета. 23 стр. 16°. 2-е изданіе. 1909. Ц. 15 к.

**КУТЮРА, Л.** **Алгебра логики.** Перев. съ французскаго съ прибавленіями проф. И. Слешинскаго. IV+107+XIII стр. 8° 1909. Ц. 90 к.

**ВЕБЕРЪ Г. и ВЕЛЬШТЕЙНЪ І.** проф. **Энциклопедія элементарной геометріи.** Томъ II, книга I. Основанія геометріи. Перев. съ нѣм. подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. В. Ф. Капана. XII+362 стр. 8°. Съ 144 черт. и 5 рис. 1909. Ц. Р. 3.



**ЛОРЕНЦЪ, Г.** проф. Курсъ физики. Перев. съ нѣмецк. подъ ред. проф. *Н. П. Кастерина.*

Т. I. VII+343 стр. больш. 8°. Съ 236 рис. 1910. Ц. Р. 2. 75 к.

Т. II. VIII+466 стр. больш. 8°. Съ 257 рис. 1910. Ц. Р. 3. 75 к.

Съ появленіемъ этого перевода русская литература обогатилась превосходнымъ курсомъ физики. *Ж. М. Н. Пр.*

**ГЕРНЕТЪ В. А.** Объ единствѣ вещества. 46 стр. 16°. Ц. 25 к.

**ЗЕЕМАНЪ, П.** проф. Происхожденіе цвѣтовъ спектра. Съ прил. статьи *В. Ритца.* „Линейные спектры и строеніе атомовъ“. 50 стр. 16°. Ц. 30 к.

**НЬЮКОМЪ, С.** проф. Теорія движенія луны. (Исторія и современное состояніе этого вопроса) 26 стр. 16°. Ц. 20 к.

**КЛОССОВСКИЙ, А.** проф. Основы метеорологіи. XVI+527 стр. больш. 8°. Съ 199 рис., 2 цвѣтн и 3 черн. табл. 1910. Ц. Р. 4. —

Честь и слава «Mathesis» за изданіе этой прекрасной книги, которую можетъ гордиться русская наука! *Ж. М. Н. Пр.*

**КЭДЖОРИ, Ф.** проф. Исторія элементарной математики (съ нѣкоторыми указаніями для препод.). Перев. съ англ. подъ ред и съ примѣч. прив.-доц. *И. Ю. Тимченко.* VIII+368 стр. 8°. Съ рис. 1910. Ц. Р. 2. 50 к.

Книга читается съ большимъ интересомъ и весьма полезна... Мы настоятельно рекомендуемъ «Исторію элемент. мат.» Кэджори. *Вѣст. Востит.*

**РАМЗАЙ, В.** проф. Введеніе въ изученіе физической химіи. Перев. съ англ. подъ ред. проф. *П. Г. Меликова.* VIII+76 стр. 16°. 1910. Ц. 40 к.

**РОУ, С.** Геометрическія упражненія съ кускомъ бумаги. Пер. съ англ. XVI+173 стр. 16°. Съ 87 рис. и чертежами. 1910. Ц. 90 к.

**ТОМСОНЪ, Дж. Дж.** проф. Корпускулярная теорія вещества. Переводъ съ англійск. *Г. Левинтова,* подъ ред. „Вѣст. Оп. Физ. и Эл. Мат.“ VIII+162 стр. 8°. Съ 29 рис. 1910. Ц. Р. 1. 20 к.

**ГРАФФЪ, К.** Комета Галлея \*). Пер. съ нѣм. VIII+71 стр. 16°. Съ 13 рис. и 2 отд. табл. Изданіе второе исправл. и дополненное 1910. Ц. 30 к. Брошюра Граффа хорошо выполняетъ свое назначеніе *Педагог. Сборникъ.*

**НИМФЮРЪ, Р.** Воздухоплаваніе. Научныя основы и техническое развитіе. Пер. съ нѣм. VIII+161 стр. 8°. Съ 52 рис. 1910. Ц. 90 к.

**Галлеева Комета въ 1910 году.** Общедоступное изданіе. Содержаніе: О вселенной—О кометахъ О кометѣ Галлея. 32 стр. 8°. Съ 12 иллюстраціями 9 0 Ц. 12 к.

**КАЙЗЕРЪ, Г.** проф. Развѣтіе современной спектроскопіи \*). Пер. съ нѣм. подъ ред. „Вѣст. Оп. Физ. и Эл. Мат.“ 45 стр. 16°. 1910. Ц. 25 к.

**ГАМПСОНЪ-ШЕФЕРЪ.** Парадоксы природы \*). Книга для юношества, объясняющая явленія, которыя находятся въ противорѣчій съ повседневнымъ опытомъ. Пер. съ нѣм. VIII+193 стр. 8°. Съ 67 рис. Ц. Р. 1. 20 к.

**ВЕБЕРЪ и ВЕЛЬШТЕЙНЪ,** проф. Энциклопедія элементарной математики \*). Т. II, кн. 2 и 3. Тригонометрія, аналитическая геометрія и стереометрія. Перев. съ нѣмец. подъ ред. прив.-доц. *В. Капана.* VIII+321 стр. 8°. Съ 109 рис. 1910. Ц. Р. 2. 50 к.

**КАГАНЪ, В.** прив.-доц. Что такое алгебра? \*) 72 стр. 16°. Ц. 40 к.

**ПУАНКАРЕ, Г.** проф. Наука и Методъ. Пер. съ франц. *И. Брусиловскаго* подъ ред. прив.-доц. *В. Капана.* VIII+38+ стр. 16°. 1910. Ц. Р. 1. 50 к.

**ЛЁБЪ, Ж.** проф. Динамика живого вещества. Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. *В. В. Завьялова.* VIII+352 стр. 8°. Съ 64 рис. 1910. Ц. Р. 2. 50 к.



**АДЛЕРЪ, А** Теорія геометрическихъ построений. Перев. съ нѣмецкаго подъ ред. прив.-доц. *С. О. Шатуновскаго*. XXIV+325 стр. 8°. Съ 177 рис. 1910. Ц. Р. 2. 25 к.

**СОДДИ, Ф.** проф. Радій и его разгадка. Пер. съ англ. подъ ред. лаборанта Новагорода, универс. *Д. Хмырова*. VII+190 стр. 8°. Съ 31 рис. 1910. Ц. Р. 1. 25 к.

**СМИТЪ, А.** проф. Введение въ неорганическую химию. Пер. англ. подъ ред. проф. *П. Г. Меликова*. Вып. I. VI+400 стр. 8°. Съ рис. 1911. Ц. Р. 2.—

**ВИНЕРЪ, О.** проф. О цвѣтной фотографіи и родственнѣхъ ей естественно-научныхъ вопросахъ. Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. *Н. П. Кастерина*. VI+69 стр. 8°. Съ 3 нѣтн. табл. 1911. Ц. 60 к.

**БОРЕЛЬ, Э** проф. Элементарная математика. Ч. I. Арифметика и алгебра. Въ обработкѣ проф. *П. Штѣкслея*. Пер. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *В. Ф. Капана* съ приложеніемъ его статьи «О реформѣ преподаванія математики». LXIV+434 стр. 8°. 1911. Ц. Р. 3.—

**КОВАЛЕВСКИЙ, Г.** проф. Курсъ дифференціального и интегрального исчисленій. Перев. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *С. Шатуновскаго*. VIII+496 стр. 8°. 1911. Ц. Р. 3. 50 к.

**МАРКОВЪ, А.** акад. Исчисленіе конечныхъ разностей. Въ 2-хъ частяхъ. Изд. 2-ое, исправлен. и дополнен. VIII+274 стр. 8°. 1911. Ц. Р. 2.—

### Имѣются на складѣ:

**МУЛЬТОНЪ, Ф.** проф. Эволюція солнечной системы. Перев. съ англійскаго. IV+82 стр. 16°. Съ 12 рис. 1908. Ц. 50 к.

Изложеніе гипотезы образованія солнечной системы изъ спиральной туманности съ попутной критикой космогонической теоріи Лапласа.

**ЕФРЕМОВЪ, Д.** кандид. матем. наукъ. Новая геометрія треугольника. 334+XIII стр. 8°. 1902. Ц. Р. 2.—

### Печатаются и готовятся къ печати:

**КЛЕЙНЪ.** Лекціи по элементарной математикѣ для учителей. Пер. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *В. Капана*.

**ОСТВАЛЬДЪ, В.** проф. Натурфилософія. Съ двумя дополн. статьями. Пер. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. Страсбург. Универс. *Л. Мандельштама*.

**ТРЕЛЬСЪ-ЛУНДЪ.** Небо и міровоззрѣніе въ круговоротѣ времени. Пер. съ нѣмецкаго.

**ЛОВЕЛЛЬ, П.** Обитаемость Марса. Пер. съ англ. Со мног. рис.

**ШУБЕРТЪ, Г.** проф. Математическія развлеченія. Пер. съ нѣм. подъ ред. „В. Оп. Физ. и Эл. Мат.“.

**АНДУАЙЕ,** проф. Курсъ астрономіи. Переводъ съ французскаго.

**ФУРНЬЕ ДАЛЬБЪ.** Два новыхъ міра (Инфра-міръ. Супра-міръ). Перев. съ англійскаго.

**УСПѢХИ ФИЗИКИ.** Сборникъ статей подъ ред. „Вьстн. Оп. Физ. и Эл. Мат.“ Выпускъ второй.

**МАМЛОКЪ, Л.** проф. Стереохимія. Переводъ съ нѣмецкаго подъ ред. проф. *П. Меликова*



**ГАССЕРТЬ**, проф. Изслѣдованія полярныхъ странъ. Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. Г. Танфильева.

**РУДИО**. Архимедъ, Гюйгенсъ, Лагранжъ и Ламбертъ о квадратурѣ круга. Перев. съ нѣм.

**БРАУНЪ**, Ф. проф. Мои работы по беспроволочной телеграфіи и по электрооптикѣ. Пер. съ рукописи. Съ 25 рис. и портретомъ автора.

**ЛОДЖЪ** Оливеръ, проф. Мировой эфиръ. Пер. съ англ. подъ ред. лаборанта Новороссійскаго университета Д. Хмирова.

**МОРЭНЪ**, проф. Физическія состоянія вещества. Переводъ съ французскаго.

**ДЗЮБЕКЪ**, проф. Курсъ аналитической геометріи. Въ 2 част. Пер. съ нѣм. подъ ред. препод. С.П.Б. высш. женск. курсовъ В. Г. Шиффа.

**Русская математическая библиографія** въ 1908 г. Подъ ред. проф. Д. Н. Синцова.

**КЛАРКЪ**, А. Исторія астрономіи XIX столѣтія. Пер. съ англ. подъ ред. прив.-доц. С.П.Б. университета В. Серафимова.

**ШТОКЪ-ШТЕЛЕРЪ**. Практическое руководство по количественному неорганическому анализу. Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. П. Меликова.

**ВЕРИГО**, Б. Ф. проф. Основы общей біологіи. Около 30 печатныхъ листовъ.

*Выписывающіе изъ главнаго склада изданій „Матезисъ“ (Одесса, Новосельская 66) на сумму 5 руб. и больше за пересылку не платятъ.*

*Подробный каталогъ высылается по требованію бесплатно.*

Отдѣленія склада изданій „Матезисъ“:

Въ **Москвѣ**—Книжн. магазинъ „Образованіе“, Кузнецкій мостъ, 11.

Въ **С.-Петербургѣ**—Книжн. маг. Г. С. Цукермана, Алексан. пл., 5.

Въ **Варшавѣ**—Книжный магазинъ „Оросъ“, Новый Свѣтъ, 70.

## ОБЪЯВЛЕНІЕ.

**ВѢСТНИКЪ ОПЫТНОЙ ФИЗИКИ**

и

**ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКИ**

Выходитъ 24 раза въ годъ  
отд. вып., не меньше 24 стр.  
каждый  
подъ ред. прив.-доц. В. Ф. Кагана.

Подп. цѣна съ пер. за годъ 6 р., за  $\frac{1}{2}$  года 3 р. Учащіе въ низшихъ училищахъ и всѣ учащіе платятъ за годъ 4 р., за  $\frac{1}{2}$  года 2 р.

**Пробный номеръ бесплатно.**

Адресъ: Одесса. Въ редакцію „Вѣстника Опытной Физики и Элементарной Математики“.









Типографія „Техникъ“  
Одесса, Успенская, 56.

Цѣна 40 к.