К истории русской науки.

Взгляды Н. А. Умова на потенциальную энергию, на силы, действующие на расстоянии, и на массу.

А. И. Бачинский.

Полвека тому назад Н. А. Умов (тогда 27-летний доцент) опубликовал три работы [1]), посвященные развитию следующих мыслей.

В силу закона сохранения энергии, общее количество энергии в изолированной системе не изменяется, но энергия может испытывать превращения. Так, кинетическая энергия может превратиться в потенциальную. Кинетическая энергия есть мера интенсивности реального явления — движения. Умов спрашивает: какое реальное явление соответствует потенциальной энергии?

На этот вопрос в науке дается лишь один ответ: потенциальная энергия представляет интенсивность работы сил. Но может ли работа быть тем реальным явлением, которое возрастает за счет убывания живой силы системы, и, так сказать, переживает эту живую силу?— Нет, потому, что идея работы неизбежно связана с идеей текущего изменения. О работе силы можно говорить лишь до тех пор, пока точка приложения силы находится в движении. Как скоро она приходит в состояние покоя, работы больше нет.

Единственный точный и ясный ответ на поставленный вопрос заключается, по мнению Умова, в следующем допущении: потенциальная энергия есть не что иное, как живая сила движений некоторых сред, неощутимых для нас.

С этой точки зрения Умов формулирует следующим образом закон сохранения энергии:

---

[1]) 1) „Теория простых сред и ее приложения к выводу основных законов электростатических и электродинамических взаимодействий". Записки Новороссийского Университете, 10, приложение, стр. 1 (1873).

2) „Теория взаимодействий на расстояниях конечных и ее приложение к выводу электростатических и электродинамических законов". Матем. Сборник, 6, стр. 361 (1872).

3) „Ein Theorem über die Wechselwirkungen in endlichen Entfernungen". Zeitschr. für Mathem. u. Physik 19, p. 97 (1874).

„а) Всякое изменение в величине живой силы обусловливается ее переходом с частиц одной среды на частицы других сред, или же с одних форм движения на другие.

б) Определенное количество живой силы остается себе равным при всякой смене явлений.

в) Количество живых сил природы неизменно".

Затем Умов обращается к истолкованию явлений кажущегося actio in distans, или взаимодействия различных агентов (весомой материи, электрических зарядов, магнитных полюсов, электрических токов) на расстояниях. Во всех этих явлениях фигурирует потенциальная энергия или (согласно взгляду Умова) кинетическая энергия промежуточных сред, не подлежащих нашему наблюдению (каков, напр., эфир). Умов показывает, как при помощи некоторых простых допущений о движении частиц этих промежуточных сред является возможным притти к общеизвестным законам взаимодействия вышеупомянутых агентов.

В бумагах Н. А. Умова сохранилась копия письма, написанного им какому-то физику, который возражал против взглядов, развивавшихся Умовым в упомянутых статьях. В письме Умов защищает свои воззрения, при чем несколько раз, указывая на связь этих воззрений с теориями западных ученых, употребляет выражения явно иронического характера. Как видно, корреспондент Н. А. Умова был из той распространенной на Руси породы людей, которая не приемлет за истину ничего, что не снабжено западной маркой. К сожалению, имя корреспондента не может быть установлено: копия, имеющаяся в наших руках, не содержит ни обращения, ни каких бы то ни было признаков, относящихся к личности адресата.

Письмо имеет особенный интерес потому, что целый ряд положений, имеющих основное значение для характеристики взглядов Умова, развивается здесь более полно и более далеко, чем это было сделано Умовым в печатных статьях. Поэтому нам казалось уместным опубликовать это письмо, как ценный документ из истории русской науки.

В частности, можно подчеркнуть полное совпадение двух взглядов Умова с взглядами Герца, которые последний провел через два десятка лет после Умова в своей механике. Это именно:

а) потенциальная энергия есть в действительности кинетическая энергия скрытых масс (Hertz, Prinzipien der Mechanik, § 605).

б) определение массы (ibid. § 4).

Известно, что Н. А. Умов горячо приветствовал механические теории Герца и пропагандировал их в некоторых из своих популярно-научных статей [1]).

---

[1]) Я разумею статьи: 1) La mécanique cartésienne; 2) Значение Декарта в истории физических наук; 3) Современное состояние физических теорий (вошли в III том Собрания Сочинений Н. А. Умова).

Письмо Н. А. Умова к неизвестному физику.

Когда два неупругих тела ударяются друг об друга, то всякому известно, что в результате получается, между прочим, и нагревание тел. Положим, что одно из них было неподвижно. То не скажете ли Вы, что количество тепла, развившееся от удара, выраженное в механических единицах, равно живой силе, потерянной ударившимся неупругим телом? И Вы будете вполне правы. Отсюда следует, что и в случае столкновения неупругих тел сумма живых сил их частиц остается тою же (теплота есть движение), как и до удара. После этого я не понимаю, каким образом Вы пишете, что опыт показывает, что живая сила теряется? Надо прибавить, что теряется живая сила только известного рода движения, но ее всегда можно отыскать в движении другого вида. Если механика учит, что сохраняется только количество движения, то потому, что она смотрит только на движения явные, и еще потому, что она—механика „рациональная", а не механика природы. Этот пример, который Вы мне указываете, как показывающий несостоятельность моей теории,—потому что сколько сред ни придумывай, а потери живой силы при ударе неупругих тел не объяснишь,—как Вы видите, представляет случай, когда приверженность к рациональной механике ведет к заблуждениям, потому что и здесь, как я указал, живая сила всех движений (разумея в том числе и теплоту) остается неизменною...[1])

Теперь перехожу к другим возражениям, при чем буду основываться на рациональной механике и буду подкреплять свои выводы указаниями на работы пока одного Кирхгофа, потому что одной статьи Гельмгольца у меня нет под руками, а статью Максвелля „On the electromagnetic field" только-что читаю с помощью особо для того приглашенного англичанина.

Мне кажется, что мы можем-таки принять неограниченно для природы закон сохранения энергии:

$$T + \Pi = \text{const.},$$

где T есть живая сила, а Π — потенциальная энергия. Представим себе два тела (об массе скажу после), окруженных какой-нибудь средой; для простоты приму, что эта среда есть несжимаемая жидкость. Делаю это допущение, потому что о свойствах среды между нами пока спору не было. Пусть T_1, T_2 будут живые силы обоих тел, T—живая сила всех частиц несжимаемой жидкости, окружающей тела. Если я предположу, что на тела не действуют никакие внешние силы, а следовательно—что и они сами друг на друга не действуют на расстоянии, то я должен положить $\Pi = 0$, и тогда нахожу T=const., или

$$T_1 + T_2 + T = \text{const.} \tag{1}$$

Откуда заключаю, что изменение живой силы тел равно—но противоположно по знаку—изменению живой силы частиц промежуточной среды. Это—вывод неизбежный для всякой теории, не признающей взаимодействия на расстоянии. Принимая взаимодействие на расстоянии, закон сохранения живой силы должен быть написан так:

$$T_1 + T_2 + \Pi = \text{const.} \tag{2}$$

Сравнивая (1) и (2), я нахожу:

$$\Pi = T + \text{const.}, \tag{3}$$

или, при известном выборе постоянного:

$$\Pi = T. \tag{3 bis}$$

Это значит, что потенциальная энергия равна сумме живых сил промежуточной среды. Этот вывод и следствия, из него вытекающие, и составляют мою вину. Ей-Богу, не я

---

[1]) Здесь выпущена одна фраза, которая, немного прибавляя к существу дела, замедляет изложение. *А. Б.*

первый ее сделал; я только сказал то, чего другие не договорили, но что подразумевали для случаев частных. Я это обобщил и вывел дальнейшие следствия. Итак, приступаю к доказательству того, что я украл свою мысль из работ знаменитого ученого Кирхгофа. Я полагаю, что Вы ничего не имеете против его авторитета (мог бы доказать, что и у Гельмгольца тоже есть мои зловредные идейки, и я полагаю что — и у Максвелля).

Известный ученый Кирхгоф говорит следующее в своей статье „Über die Kräfte zweier Ringe in einer Flüssigkeit“ [1]): если существует в несжимаемой жидкости, окружающей два кольца, потенциал скоростей, удовлетворяющий известным условиям, то, означая через P потенциал двух токов, обтекающих кольца, друг на друга, через T живую силу всех частиц жидкости, мы имеем (Crelle Bd. 71, стр. 273):

$$T + P = \text{const.} \tag{4}$$

Это ур-ие есть частный случай ур-ия (3). Оно совпадет с ним при известном выборе постоянных. Кирхгоф не заметил только, что ур-ие (4) имеет место вообще в теории, отрицающей взаимодействие на расстоянии. Следовательно, ур-ие (3) с подразумевающейся в нем основною мыслью было употреблено Кирхгофом. Я ее у него заимствовал, и не только ее, но украл даже выражение величины T, т.-е. живой силы частиц промежуточной среды. Из анализа закона равенства действия и противодействия я прихожу к выражению:

$$T = k \iiint \left[\left\{ \frac{dV_1}{dx} + \frac{dV_2}{dx} \right\}^2 + \left\{ \frac{dV_1}{dy} + \frac{dV_2}{dy} \right\}^2 + \left\{ \frac{dV_1}{dz} + \frac{dV_2}{dz} \right\}^2 \right] d\omega, \tag{5}$$

где V_1 и V_2 суть потенциалы скоростей, вызываемые в данном случае обоими кольцами. Кирхгоф, означая через U_1, U_2 потенциалы колец на магнитный полюс, находит (стр. 271):

$$T = \frac{\rho}{2} \iiint d\omega \left[\left\{ \frac{dU_1}{dx} + \frac{dU_2}{dx} \right\}^2 + \left\{ \frac{dU_1}{dy} + \frac{dU_2}{dy} \right\}^2 + \left\{ \frac{dU_1}{dz} + \frac{dU_2}{dz} \right\}^2 \right]. \tag{6}$$

Значит, и самый существенный свой вывод я заимствовал у авторитетного ученого Кирхгофа, сделав его только более общим: не связывая его с какими-либо свойствами среды, я вывел его из анализа равенства действия и противодействия.

Остается мне сказать о силе и массе. Пусть о силе Вам скажет сам Кирхгоф.

Если φ есть потенциал скоростей, и если он не заключает явно времени, то:

$$\frac{p}{\rho} = -\frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dz}\right)^2 \right\}.$$

Поэтому, приведя выражение (4), Кирхгоф говорит: „δT ist das Moment der Druckkräfte“ и пр. (дальнейшее понятно). Но я вижу, что Вы еще недовольны, и потому попробую объяснить смысл силы из моей теории иначе.

Представим себе три тела A, B, C (которые для простоты я представляю себе тремя точками) в равновесии. Равновесие возможно в том случае, когда для данного положения тел живая сила промежуточной среды будет maximum или minimum, т.-е. когда $\delta T = 0$. Означая через x_1, y_1, z_1 координаты точки A, я нахожу:

$$\frac{dT}{dx_1}\delta x_1 + \frac{dT}{dy_1}\delta y_1 + \frac{dT}{dz_1}\delta z_1 = 0 \tag{8}$$

---

[1]) Точное заглавие статьи Кирхгофа, о которой идет речь: Über die Kräfte, welche zwei unendlich dünne, starre Ringe in einer Flüssigkeit scheinbar auf einander ausüben können (Gesammelte Abhandlungen, p. 404). *А. Б.*

для всяких δx_1, δy_1, δz_1; следов.:

$$\frac{d\mathrm{T}}{dx_1}=0;\ \frac{d\mathrm{T}}{dy_1}=0;\ \frac{d\mathrm{T}}{dz_1}=0. \tag{9}$$

Если через T_{bc}, T_{ab}, T_{ac} я назову живые силы промежуточной среды, обусловливаемые присутствием в ней пары тел (BC), (AB), (AC), то из (9) следует:

$$\frac{d\mathrm{T}_{ab}}{dx_1}+\frac{d\mathrm{T}_{ac}}{dx_1}=0 \text{ и проч.}$$

Следовательно, то, что должно быть уничтожено,—должно быть уравновешено для того, чтобы тело A было в равновесии, измеряется величинами:

$$\left.\begin{matrix}\frac{d\mathrm{T}_{ab}}{dx_1}, & \frac{d\mathrm{T}_{ab}}{dy_1}, & \frac{d\mathrm{T}_{ab}}{dz_1}\\ \frac{d\mathrm{T}_{ac}}{dx_1}, & \frac{d\mathrm{T}_{ac}}{dy_1}, & \frac{d\mathrm{T}_{ac}}{dz_1}\end{matrix}\right\}. \tag{10}$$

Эти величины мы называем величинами сил. Из этого вытекает кроме того, замечая, что приведенные силы (как показывает очень простое рассуждение) „действуют“ (фикция) параллельно осям координат:

1) силы, действующие в природе, представляются производными от некоторых функций (это не есть повторение исходной точки, потому что в начале я положил, что сил на расстоянии нет).

2) уравнение (8) есть не что иное, как принцип возможных перемещений в случае природы.

Нужно ли говорить о том, что и уравнения движения получаются очень просто? Даже из них можем получить еще лучшее представление о силе, рассматривая силу, как произведение некоторого коэфициента m на ускорение, и принимая за 1-цу силы ускорение, т.-е. силу, действующую на тело, когда его коэфициент $m=1$.

Именно, ур-ия движения мы можем получить из принципа Гамильтона, припоминая наши означения:

$$\delta\int(\Pi+T)\,dt=0. \tag{11}$$

Если на наши тела не действуют силы на расстоянии, то $\Pi=0$, и

$$\delta\int(\mathrm{T}_1+\mathrm{T}_2+\mathrm{T})\,dt=0. \tag{12}$$

Отсюда придем к уравнениям движения, в которые войдут ускорения, и найдем, что произведения ускорений на некоторые специфические коэфициенты m, зависящие от тел, представляются известным образом через выражения (10), откуда заключаем, что последние представляют силы, действующие в известных направлениях.

Отсюда уже ясно, что я разумею под массой. Если слово атом я заменю словом „центр прерывности“, или просто „точка, в которой нарушается непрерывность среды, разлитой в мировом пространстве“, то число таких центров, умноженное на некоторый специфический коэфициент (если все центры однородны, т.-е. состоят из частиц одного и того же вещества, как мы обыкновенно говорим), есть масса. Из ур-ий движения, которые Вы получите из (12), легко убедиться, что масса, так определенная, есть отношение силы к ускорению. Следов., сила имеет настолько реальное значение, насколько она имеет соотношения к ускорению. Последнее же вызывается превращениями живой силы в промежуточной среде.

Теперь иду дальше. Если Вы будете последовательны, то Ваш взгляд из Вашей редакции перейдет в мою редакцию. Именно: Вы—физик и знаете следовательно, что когда одно явление исчезает, то должно появиться другое, равное ему по своей напряженности. Камень потерял живую силу, изменив свое положение относительно земли. Это новое

положение указывает на то, что дело не осталось в том виде, как оно было прежде, — что произошли изменения. Изменившееся положение камня есть **признак** происшедших перемен в явлении, и не больше. Неужели в мертвом, геометрическом различии положений можно искать **источник** живой силы? Ясно, что нет; геометрия не создаст Вам движения, надо искать, следовательно, явление, которое по своей напряженности равнялось бы потерянной живой силе. Где же исчезнувшая живая сила, где соответствующее ей явление? В окружающей среде? Вы говорите—нет. В земле—не может быть, ибо живую силу отдает камень, ибо он приходит в движение. Вам остается, следовательно, только допустить énergie emmagasinée в камне, если только Вы последовательны.

(Здесь текст копии кончается).